

(11)特許出願公開番号

特開2003-318107

(P2003-318107A)

(43)公開日 平成15年11月7日(2003.11.7)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テレポート(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/20	5 0 3 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 3	G 2 1 K 1/04	Z 5 F 0 4 6
G 2 1 K 1/04		5/00	Z
5/00		5/02	X
5/02		H 0 1 L 21/30	5 3 1 A
	審査請求 有	請求項の数18 OL 外国語出願	(全 41 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2003-126054(P2003-126054)

(22)出願日 平成15年3月26日(2003.3.26)

(31)優先権主張番号 02252338. 5

(32)優先日 平成14年3月28日(2002.3.28)

(33)優先權主張国 欧州特許庁 (E P)

(71)出願人 502010332

エイエスエムエル ネザランドズ ペスロ

一テン フェンノートシャップ

オランダ国 5503 エルエイ フェルトホ

一フエン, デ ルン 1110

(72)発明者 レヴィヌス ピエテル バッケル

オランダ国 ヘルモンド、ブローデルワル

31

(74)代理人 100066692

弁理士 浅村 皓 (外3名)

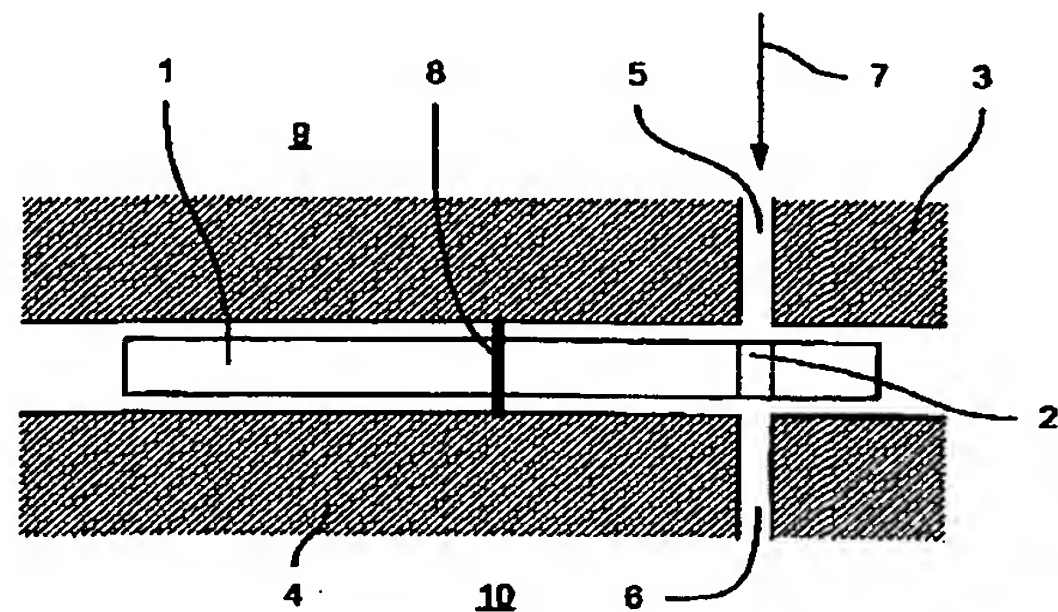
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置およびデバイス製造法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、ビーム強度損失の原因を減少させることを目的とするリソグラフィ投影装置を提供する。

【解決手段】装置の2つの部分を分離するバリアを通る開口を提供し、それによって放射線のパルスを装置の一方部分から他方に照射できるようにする制御されたアパーチャ。制御されたアパーチャは、放射線のパルス間で開口を閉鎖し、第1、第2部分間のガス流を最少にする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 リソグラフィ投影装置で、

－放射線のパルス状投影ビームを供給する放射線システムと、
 －パターン形成手段を支持する支持構造とを備え、パターン形成手段は、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、
 －基板を保持する基板テーブルと、
 －パターン形成したビームを基板の標的部分に投影する投影システムとを備え、

前記装置が、さらに、

－前記装置の第1部分から第2部分へのガスおよび／または粒子の流れを防止するバリアを備え、前記バリアが制御されたアパーチャを備え、さらに、
 －前記放射線ビームの1つのパルスがバリアを通過できるよう、前記パルス状ビームと同期して制御されたアパーチャを開閉するため、制御されたアパーチャを操作する制御装置とを備えることを特徴とする装置。

【請求項2】 前記制御されたアパーチャが、前記放射線ビームと整列する開口を設けた、バリアと一体であるか、これに接続された静止部材と、少なくともその一部が前記静止部材と隣接する回転部材とを備え、

前記回転部材は、前記部材が回転すると、回転部材の開口が静止部材の開口と周期的に整列し、バリアを通る開口を提供するよう配置された1つまたは複数の開口を有し、前記開口が整列していない場合は、回転部材がバリアを通るガス流をほぼ防止する、請求項1に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項3】 さらに、第2静止部材を備え、前記回転部材の少なくとも一部が第1、第2静止部材間に位置するよう配置され、前記第2静止部材に、前記放射線ビームと整列する開口も設ける、請求項2に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項4】 さらに、少なくとも一部が第1、第2静止部材間に位置する第2回転部材を備え、前記第2回転部材は、前記第2回転部材が回転すると、第2回転部材の開口が静止部材の開口と周期的に整列して、それと同時に第1回転部材の開口が静止部材の開口と整列すると、バリアを通る開口を提供するよう配置された1つまたは複数の開口を有し、第2回転部材のどの開口も静止部材の開口と整列しないと、第2回転部材がバリアを通るガス流をほぼ防止する、請求項3に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項5】 さらに、前記第1、第2回転部材間にバッファ・ガスを含む空間を備える、請求項4に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項6】 さらに、

前記回転部材の一方の開口が自身と整列すると、第1、第2回転部材間の前記空間にバッファ・ガスを供給する

バッファ・ガス入口と、

前記回転部材の一方の開口が自身と整列すると、前記空間からバッファ・ガスを排気するバッファ・ガス排気部とを備える、請求項5に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項7】 さらに、少なくとも制御されたアパーチャの開放時に、前記第1回転部材の開口を囲む縁から、前記第2回転部材の開口を囲む縁へと延在する管を備え、前記管が前記空間を制限する、請求項5または6に記載のリソグラフィ投影装置。

10 【請求項8】 前記第1回転部材上の前記管によって囲まれた前記開口が、前記第2回転部材上の前記管によって囲まれた前記開口より大きく、前記管が円錐台形である、請求項7に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項9】 前記管が、静止部材の開口と整列する位置に固定される、請求項7または8に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項10】 前記第1および第2部材が一体に回転し、前記管が前記回転部材に取り付けられる、請求項7または8に記載のリソグラフィ投影装置。

20 【請求項11】 さらに第3静止プレートを備え、少なくともその一部が第1、第2回転部材間に位置し、前記第3静止部材に、前記放射線ビームと整列する開口を設ける、請求項4に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項12】 前記第1および第2回転部材が反対方向に回転する、請求項4から9または11いずれか1項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項13】 前記静止部材が、さらに、静止部材の開口を囲む縁から延在し、装置の第2部分へと開放する空間を画定する管と、

30 前記回転要素の開口が自身と整列すると、前記空間にバッファ・ガスを供給するバッファ・ガス入口とを備える、請求項2に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項14】 前記放射線システムが、装置の前記第1部分にある放射線ソースを備え、装置の第2部分がほぼ排気されたシステムである、請求項1から13いずれか1項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項15】 前記基板テーブルが装置の前記第1部分にあり、装置の前記第2部分が投影システムである、請求項1から13いずれか1項に記載のリソグラフィ投影装置。

40 【請求項16】 前記制御装置が、前記放射線ビームの少なくとも1パルスを遮断するよう、制御されたアパーチャを閉鎖するのに適している、請求項1から15いずれか1項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項17】 前記制御されたアパーチャが、基板に面する側の放射率が低いコーティングと、他方側の赤外線反射性コーティングとのうち少なくとも一方を備える、請求項1から16いずれか1項に記載のリソグラフィ投影装置。

50 【請求項18】 デバイス製造法で、

—少なくとも部分的に放射線感受性材料の層で覆われた基板を提供するステップと、

—放射線システムを使用して放射線のパルス状投影ビームを提供するステップと、

—投影ビームの断面にパターンを与えるため、パターン形成手段を使用するステップと、

—放射線のパターン形成されたビームを放射線感受性材料の層の標的部分に投影するステップとを含み、

前記装置の第1部分から第2部分へのガス流を防止するため、前記パルス状ビームと同期して、バリアの制御さ

れたアパーチャを開閉することを特徴とし、
前記制御されたアパーチャが、前記パルス状ビームのパルス中に前記放射線ビームの1つと整列するバリアの開口を提供し、前記パルス間に、装置の前記第1部分から前記第2部分へのガス流をほぼ防止する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリソグラフィ投影装置で、

—放射線のパルス状投影ビームを供給する放射線シス

テムと、
—パターン形成手段を支持する支持構造とを備え、パターン形成手段は、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、

—基板を保持する基板テーブルと、
—パターン形成したビームを基板の標的部分に投影する投影システムとを備える装置に関する。

【0002】

【従来の技術】「パターン形成手段」という用語は、本明細書で使用すると、基板の標的部分に生成すべきパターンに対応し、パターン形成した断面を、入射放射線ビームに与えるために使用することができる手段を指すよう広義に解釈され、「光弁」という用語も、この文脈で使用することができる。概して、前記パターンは、集積回路または他のデバイス（以下参照）など、標的部分に生成するデバイスの特定の機能層に対応する。このようなパターン形成手段の例は以下を含む。—マスク。マスクの概念はリソグラフィでよく知られ、バイナリ、交互位相ずれ、および減衰位相ずれ、さらに様々な複合マスク・タイプなどのマスク・タイプを含む。このようなマスクを放射線ビームに配置すると、マスク上のパターンに従いマスクに入射する放射線の選択的透過（透過性マスクの場合）または反射（反射性マスクの場合）が生じる。マスクの場合、支持構造は概ねマスク・テーブルであり、これによりマスクを入射放射線ビームの所望の位置に保持でき、所望に応じてビームに対して移動できることが保証される。

—プログラマブル・ミラー・アレイ。このような装置の一例は、粘弾性制御層および反射性表面を有するマトリックス・アドレス指定可能表面である。このような装置

の元となる原理は、（例えば）反射性表面のアドレス指定された区域は、回折光として入射光を反射し、アドレス指定されない区域は非回折光として入射光を反射することである。適切なフィルタを使用すると、前記非回折光を反射ビームから除去し、回折光のみを残すことができ、この方法で、ビームはマトリックス・アドレス指定可能表面のアドレス指定パターンに従ってパターン形成される。プログラマブル・ミラー・アレイの代替実施形態は、微小なミラーのマトリックス構成を使用し、各ミラーは、局所化した適切な電界を与えるか、圧電駆動手段を使用することによって軸線の周囲で個々に傾斜させることができる。この場合もミラーはマトリックス・アドレス指定可能であり、したがってアドレス指定されたミラーは、アドレス指定されないミラーとは異なる方向に放射ビームを反射し、この方法により、反射ビームはマトリックス・アドレス指定可能ミラーのアドレス指定パターンに従ってパターン形成される。必要なマトリックス・アドレス指定は、適切な電子的手段を使用して実施することができる。上述の両方法として、パターン形成手段は、1つまたは複数のプログラマブル・ミラー・アレイを備えることができる。本明細書で言及するミラー・アレイに関する詳細な情報は、例えば米国特許第5,296,891号および米国特許第5,523,193号および国際PCT特許出願第98/38597号および第98/33096号に記載されているので参照されたい。プログラマブル・ミラー・アレイの場合、前記支持構造は、必要に応じて固定するか動作可能なフレームまたはテーブルなどとして実現してもよい。

—プログラマブルLCDアレイ。このような構造の一例が米国特許第5,229,872号に開示されているので詳細は当該文献を参照されたい。上記と同様、この場合の支持構造は、必要に応じて固定するか動作可能なフレームまたはテーブルなどとして実現してもよい。単純にするため、本明細書ではこれ以降、特定の箇所で、マスクおよびマスク・テーブルに関わる例を特に指向するが、このような場合に検討される一般原理は、以上で記述したようなパターン形成手段という、より広義の文脈で考慮されたい。

【0003】リソグラフィ投影装置は、例えば集積回路（IC）の製造に使用することができる。このような場合、パターン形成手段は、ICの個々の層に対応する回路パターンを生成してよく、このパターンを、放射線感受性材料（レジスト）の層で被覆した基板（シリコン・ウェーハ）上の標的部分（例えば1つまたは複数のダイを備える）に撮像することができる。概して、1枚のウェーハが、1回に1つずつ投影システムを介して連続的に放射される隣接標的部分の全ネットワークを含む。マスク・テーブル上のマスクによるパターン形成を使用するこの装置では、2つの異なるタイプの機械を区別することができる。一方のタイプのリソグラフィ投影装置で

は、マスク・パターン全体を1回で標的部分に曝露させることにより、各標的部分に照射し、このような装置は通常、ウェーハ・ステッパと呼ばれる。一般に走査ステップ式装置と呼ばれる代替装置では、投影ビームで任意の基準方向（「走査」方向）にマスク・パターンを漸進的に走査しながら、この方向に平行または逆平行に基板テーブルを同期走査することにより、各標的部分に照射する。概して、投影システムは倍率 M （概ね <1 ）を有するので、基板テーブルを走査する速度 V は、係数 M にマスク・テーブルを走査する速度を掛ける値となる。本明細書で説明するようなリソグラフィ装置に関する詳細な情報は、例えば米国特許第6,046,792号に記載されているので参照されたい。

【0004】リソグラフィ統制装置を使用する製造プロセスでは、少なくとも部分的に放射線感受性材料（レジスト）の層で覆われた基板に、（例えばマスクの）パターンを撮像する。この撮像ステップの前に、基板にはブライミング、レジスト被覆およびソフト・ベークなどの様々な手順を実施してよい。露光後、基板は、撮像した特徴の現像前ベーク（PEB）、現像、ハード・ベークおよび測定／検査など、他の手順を実施することができる。この一連の手順は、例えばICなど、デバイスの個々の層にパターン形成するためのベースとして使用する。このようなパターン形成した層は、次にエッチング、イオン注入（ドーピング）、メタライゼーション、酸化、化学機械的研磨などの様々なプロセスを実施することができ、これらは全て、個々の層を仕上げるよう意図されている。数層が必要な場合は、手順全体またはその類似の手順を新しい層ごとに反復しなければならない。最終的に、アレイ状のデバイスが基板（ウェーハ）上に存在する。次にこれらのデバイスを、ダイシングまたはソーイングなどの技術によって相互から分離し、ここで個々のデバイスをキャリア上に装着したり、ピンに接続したりすることができる。このようなプロセスに関するさらなる情報は、Peter van Zant著の「Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing」第3版(McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4)に記載されているので詳細は当該文献を参照されたい。

【0005】単純にするため、投影システムをこれ以降「レンズ」と呼ぶが、この用語は、例えば屈折光学系、反射光学系および反射屈折光学系など、様々なタイプの投影システムを含むものと広義に解釈されたい。放射線システムは、投影放射ビームを配向、成形、または制御するため、これらの設計タイプのいずれかにより動作するコンポーネントも含むことができ、このようなコンポーネントは、以下で集合的または単独で「レンズ」とも呼ぶことができる。さらに、リソグラフィ装置は、2つ以上の基板テーブル（および／または2つ以上のマスク・テーブル）を有するタイプでもよい。このような「複

数ステージ」のデバイスでは、追加テーブルを平行にして使用するか、1つまたは複数のテーブルで予備ステップを実施しながら、1つまたは複数のテーブルを露光に使用する。二重ステージ・リソグラフィ装置については、例えば米国特許第5,969,441号および国際特許第98/40791号を参照されたい。

【0006】従来のリソグラフィ投影装置、特にEUV放射線を使用する装置の性能は、放射線ビームの強度の損失によって制限されてきた。このような損失の結果、ビームの強度が全体的に損失し、露光時間が延長して、したがってスループットが減少し、又強度の局所的損失は、基板に投影される像の均質性を失わせる。この効果は、EUV放射線が材料の大部分によって大幅に吸収されるので、EUV放射線を使用する装置で特に深刻である。したがって、このような損失を防止するため、ビームの経路を真空中にすることが望ましい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】リソグラフィ投影装置内のビーム強度損失の原因を減少させることが、本発明の目的である。

【0008】

【課題を解決するための手段】以上およびその他の目的は、本発明により、最初のパラグラフで規定されたようなリソグラフィ装置で、前記装置が、さらに、一前記装置の第1部分から第2部分へのガスおよび／または粒子の流れを防止するバリアを備え、前記バリアが制御されたアパーチャを備え、さらに、一前記放射線ビームの1つのパルスがバリアを通過できるよう、前記パルス状ビームと同期して制御されたアパーチャを開閉するため、制御されたアパーチャを操作する制御装置とを備えることを特徴とする装置で達成される。

【0009】これは、例えば装置の第1部分に存在するガスが、使用する放射線を吸収するが、放射線が装置の第2部分を透過する必要がある場合に有利である。装置の第1部分と第2部分間のガス流は、放射線のパルス中にのみ発生するよう制限され、したがってガスの流れが大幅に減少する。装置の第2部分へのガス流を減少させることにより、吸収される放射線が減少する。このような装置は、放射線のパルスの結果生じる残骸または他の汚染物が、（残骸は放射線ビームの光子より低速なので）通常はアパーチャが閉鎖した後に、制御されたアパーチャに到達することからも、有利である。したがって、制御されたアパーチャは、残骸に対する効果的なバリアも提供する。

【0010】制御されたアパーチャは静止部材で構成することが好ましく、これは、放射線ビームと整列した開口を設けたバリアと一体であるか、それに接続してもよい。制御されたアパーチャは、さらに、静止部材に隣接する回転部材を備え、これは回転部材が回転するにつれ、周期的に静止部材の開口と整列する1つまたは複数

の開口を設けている。これは周期的にバリアの開口を提供し、その他の時間には閉鎖して、バリアを通るガス流を防止する。この形状は、単純に実現され、高サイクル速度で使用でき、例えば回転部材の回転速度を調節して、開口のサイズを調節することによって、任意の状況に合わせ調節できるので、有利である。

【0011】この実施形態は、第2静止部材を備え、これは第1静止部材と第2静止部材の間に回転部材が位置するように配置することが好ましい。第2静止部材にも、放射線ビームと整列した開口を設ける。追加の静止部材は、アパーチャが閉鎖した場合に回転部材の周囲のガス漏れを減少させるので、有利である。

【0012】制御されたアパーチャは、さらに、これも2つの静止部材の間に位置する第2回転部材を有してもよい。第2回転部材も、第2回転部材が回転すると、開口が静止部材の開口と周期的に整列するように配置された1つまたは複数の開口を有する。制御されたアパーチャの開口が開き、放射線ビームがバリアを通して照射できるようにするには、第1および第2回転部材両方の開口を、静止部材の開口と整列させねばならない。この形状は、制御されたアパーチャの制御を改善できるため、有利である。例えば、第1および第2回転部材は、反対方向に回転できるように構成することができる。この場合、制御されたアパーチャの開口は、運転サイクルの比較的短い割合で部分的に開く。これにより、装置の第1部分と第2部分間に流れるガスの量が減少する。

【0013】さらに、第1、第2回転部材間に間隔を設けてもよい。この間隔は、好ましい形状では、バッファ・ガスで充填することができる。バッファ・ガスは、さらに、装置の第1部分から装置の第2部分へと流れるガスの量を減少させる。これは、装置の第1部分から第2部分へのガス流が装置の第2部分の性能にとって有害である場合に、特に有利である。バッファ・ガスは、装置の第1部分から流れるガスより、装置の第2部分の性能にとって有害でないよう選択される。バッファ・ガスは、常時または周期的に補給することができる。

【0014】回転部材間の空間、したがって必要なバッファ・ガスの量は、第1回転部材の開口を囲む縁から第2回転部材の開口を囲む縁まで延在する管を設けることによって、減少させることができる。これは、例えば必要なバッファ・ガスが高価である、または空間内で必要なガス補給量が多い場合に必要である。

【0015】さらなる代替装置では、2つの回転部材間の空間を、放射線ビームと整列した開口を有するさらなる静止部材で充填してもよい。これにより、アパーチャ閉鎖時に回転部材の周囲のガス流が減少する。これは、装置の第2部分へのガス流がさらに減少する。というのは、バッファ・ガスが必要な場合しか入らないからである。

【0016】代替実施形態では、制御されたアパーチャ

は、バリアと一体であるか、それと接続し、放射線ビームと整列した開口を設けた静止部材で構成してもよい。制御されたアパーチャは、さらに、静止部材に隣接して位置し、回転するにつれ、静止部材の開口と周期的に整列する1つまたは複数の開口を設けた回転部材を備える。これは、周期的に、バリアを通るガス流を防止するため、他の時間には閉鎖するバリアの開口を提供する。静止部材の開口を囲む縁から延在する管を設ける。管は、装置の第2部分へと開く空間を画定する。空間は、回転部材の開口が入口と整列した場合に、バッファ・ガス入口から提供されるバッファ・ガスを含む。この実施形態は、単純で、したがってパルス状ビームと容易に同期するが、バッファ・ガスによって、装置の第2部分に入るガス流の衝撃を軽減するので、有利である。

【0017】本発明の好ましい実施形態では、放射線システムは、バリアの第1側に設けた放射線ソース、およびバリアの他方側に設けほぼ排気済みのシステムを備える。これは、例えば放射線ソースが約0.1ミリバールの圧力のキセノン・ガスを必要とするEUV放電ソースで、ビーム強度の損失を減少させるために、排気済みシステムにEUVビームを照射する必要がある場合のケースでよい。したがって、本発明は、排気済みシステムに入るキセノン・ガスの流れを最少にしながら、EUVビームを排気済みシステムに送出するために、バリアの開口を提供することができる。

【0018】代替的または追加的に、本発明は、基板を投影システムから分離するために使用することができる。この場合、基板をパルス状に照射すると、基板のレジストからガスが抜けるので、本発明の制御されたアパーチャを使用すると有利である。ガスによって放射線ビームの強度が低下し、汚染物が投影システムの要素に損傷を与えるような投影システムに、ガスおよびそれと飛沫同伴する汚染物（炭化水素など）が流入することは望ましくない。本発明の制御されたアパーチャは、投影システムへのガスの流れを大幅に減少させる。

【0019】本発明のさらなる態様によると、デバイス製造法で、

—少なくとも部分的に放射線感受性材料の層で覆われた基板を提供するステップと、

—放射線システムを使用して放射線のパルス状投影ビームを提供するステップと、

—投影ビームの断面にパターンを与えるため、パターン形成手段を使用するステップと、

—放射線のパターン形成されたビームを放射線感受性材料の層の標的部分に投影するステップとを含み、前記装置の第1部分から第2部分へのガス流を防止するため、前記パルス状ビームと同期して、バリアの制御されたアパーチャを開閉することを特徴とし、前記制御されたアパーチャが、前記パルス状ビームのパルス中に前記放射線ビームの1つと整列するバリアの開口を提供し、前記

パルス間に、装置の前記第1部分から前記第2部分へのガス流をほぼ防止する方法が提供される。

【0020】本明細書では、本発明による装置をICの製造に使用することに特に言及しているが、このような装置は、他の多くの用途が可能であることを明示的に理解されたい。例えば、集積光学システム、磁気ドメイン・メモリの案内および検出パターン、液晶表示パネル、薄膜磁気ヘッドなどに使用してもよい。このような代替用途に関して、本明細書で「レチクル」、「ウェーハ」または「ダイ」という用語を使用する場合、それはそれぞれより一般的な「マスク」、「基板」および「標的部分」という用語に置換するものと考えべきことが当業者には理解される。

【0021】本明細書では、「放射線」および「ビーム」という用語は、紫外線（例えば波長が365、248、193、157または126nm）およびEUV（例えば5〜20nmの範囲の波長を有する極紫外線）、さらにイオン・ビームや電子ビームなどの粒子ビームを含む全タイプの電磁放射線を含むよう使用される。

【0022】次に、本発明の実施形態について、添付概略図を参照しながら、例示によってのみ説明する。

【0023】図では、対応する参照記号は対応する部品を示す。

【0024】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の特定の実施形態によるリソグラフィ投影装置を概略的に示す。装置は、一この特定のケースでは放射線源LAも含む、放射線の投影ビームPB（EUV放射線など）を供給する放射線システムEx、ILと、一マスクMA（レチクルなど）を保持するためにマスク・ホルダを設け、アイテムPLに対してマスクを正確に位置決めするための第1位置決め手段PMに接続された第1オブジェクト・テーブル（マスク・テーブル）MTと、一基板W（レジスト被覆したシリコン・ウェーハなど）を保持するために基板ホルダを設け、アイテムPLに対して基板を正確に位置決めするための第2位置決め手段PWに接続された第2オブジェクト・テーブル（基板テーブル）WTと、一マスクMAの照射部分を基板Wの標的部分C（例えば1つまたは複数のダイを備える）に撮像する投影システム（「レンズ」）PL（屈折レンズ・システムなど）とを備える。本明細書で示すように、装置は反射性タイプ（例えば反射性マスクを有する）である。しかし、概して例えば透過性タイプ（例えば透過性マスクを有する）でもよい。また、装置は、上述したようなタイプのプログラマブル・ミラー・アレイのような別種のパターン形成手段を使用してもよい。

【0025】ソースLA（レーザで生成されたソースま

たは放電プラズマ・ソースなど）は放射線ビームを生成する。このビームを、直接、または例えばビーム拡張器Exなどの調整手段を横断した後、照明システム（照明装置）ILに供給する。照明装置ILは、ビームの強度分布の外径および／または内径範囲（一般にそれぞれ外部 σ および内部 σ と呼ぶ）を設定する調節手段AMを備えてもよい。また、これは概して、集積器INおよびコンデンサCOなどの様々な他のコンポーネントを備える。この方法で、マスクMAに衝突するビームPBは、その断面に所望の強度分布を有する。

【0026】図1に関して、ソースLAは、（ソースLAが例えば水銀灯の場合によくあるように）リソグラフィ投影装置のハウジング内でよいが、リソグラフィ投影装置から離れていてもよく、これが生成する放射線ビームを（例えば適切な配向ミラーの助けで）装置内に導いてもよく、後者の場合は、往々にして、ソースLAがエキシマ・レーザであることに留意されたい。本発明および請求の範囲は、これらのシナリオ両方を含む。

【0027】ビームPBはその後、マスク・テーブルMT上に保持されたマスクMAと交差する。マスクMAで選択的に反射したら、ビームPBはレンズPLを通過し、これはビームPBを基板Wの標的部分Cに集束する。第2位置決め手段（および干渉計測定手段IF）の助けにより、基板テーブルWTを、例えばビームPBの経路の異なる標的部分Cに位置決めするよう、正確に移動させることができる。同様に、第1位置決め手段を使用して、例えばマスク・ライブラリからマスクMAを機械的に取り出した後、または走査中に、ビームPBの経路に対してマスクMAを正確に位置決めすることができる。概して、オブジェクト・テーブルMT、WTの動作は、図1には明示的に図示されていない長ストローク・モジュール（コース位置決め）および短ストローク・モジュール（微細位置決め）の助けにより実現される。しかし、ウェーハ・ステッパの場合、（走査ステップ式装置とは異なり）マスク・テーブルMTを短ストローク・アクチュエータに接続するだけ、またはこれに固定すればよい。

【0028】図示の装置は、2つの異なるモードで使用することができる。

1. ステップ・モードでは、マスク・テーブルMTは基本的に静止状態に維持し、マスク像全体を1回で（つまり1つの「フラッシュ」で）標的部分Cに投影する。次に、ビームPBで異なる標的部分Cを照射できるよう、基板テーブルWTをxおよび／またはy方向にシフトさせる。

2. 走査モードでは、基本的に同じシナリオが当てはまるが、1つの「フラッシュ」で所与の標的部分Cを露光しない。代わりに、マスク・テーブルMTは速度vで所与の方向（いわゆる「走査方向」、例えばy方向）に動作可能であり、これにより投影ビームPBがマスク像を

走査して、それと同時に基板テーブルWTが速度 $V = Mv$ で同方向または逆方向に同時に移動し、ここでMはレンズPLの倍率（通常は $M = 1/4$ または $1/5$ ）である。この方法で、解像度を妥協することなく、比較的大きい標的部分Cを露光することができる。

【0029】図2に示すように、装置は真空システムVC内に含まれる。ソースLAは、第1排気済み区画9に位置し、装置の残りの部分は第2排気済み区画10に位置する。

【0030】図2は、図1に示した装置の一部をさらに詳細に示す。ソースLAは、通常は約0.1ミリバールのキセノンの雰囲気中で動作し、放射線ビームを生成する。放射線ビームは、フォイル・トラップFTを通過し、これはソースLAからの残滓を捕集して、ソース側から他方側へのガス流を制限し、これは通常、約 10^{-3} ミリバールである。放射線ビームは、その後、収集器CTを横断し、格子状スペクトル・フィルタGFで反射して装置の本体に入る。本体は通常は 10^{-6} ミリバールで動作する真空システムであり、例えば照明システムIL、パターン形成手段MA、投影システムPLおよび基板Wを含む。したがって、本発明の制御されたアパーチャは、パルス状放射線ビームが、異なる圧力で動作する装置の区画間を通過できるようにし、その一方でこれらの区画間のガス流を最少にする必要がある。システムの要件に応じて、アパーチャは例えばフォイル・トラップの代りに使用するか、これと共に使用することができる。後者の場合、制御されたアパーチャは、フォイル・トラップFTの前方または後方に配置してよい。本発明の制御されたアパーチャは、格子状スペクトル・フィルタGFの後方で2次焦点SFの点に位置してもよい。

【0031】さらに、本発明の制御されたアパーチャは、投影システムと基板の間に使用してもよい。基板上のレジストは放射線システムによって選択的に生成されるので、大量のガスが発生する。したがって、制御されたアパーチャを、バリアの一部として使用し、基板から投影システムへのガス流を防止するか、最小限に抑えることができる。これは、ガス流に粒子および/または残滓が飛沫同伴することがあるので、特に重要である。

【0032】投影ビーム中の赤外線によって、ウェーハが加熱される。その結果、投影ビーム中の赤外線量を最少にすることが望ましい。この赤外線の大部分は、リソグラフィ装置内の高温要素によって、特にソース/収集器モジュール内で生成される。高温要素によって発生する赤外線の量は、時間が経っても大きく一定である。したがって、制御されたアパーチャを使用すると、赤外線を大幅に減少させることができる。アパーチャの閉鎖時に、これを遮断するからである。これに使用するために制御されたアパーチャの好ましい位置は中間ビーム直径が小さくなる焦点である。しかし、ウェーハに到達する赤外線を減少させるため、他の位置で使用してもよい。

ウェーハへの赤外線透過を最少にする上で、制御されたアパーチャの性能を改善するには、赤外線反射性コーティングを、制御されたアパーチャの赤外線ソース側に塗布したり（制御されたアパーチャへの熱負荷を減少させる）、放射率の低いコーティングを他方側に塗布したり（制御されたアパーチャからの赤外線を減少させる）してもよい。さらに、制御されたアパーチャは、温度制御および/または冷却することもできる。

【0033】制御されたアパーチャの位置に関係なく、これはビーム強度を大幅に損失することなく、放射線ビームの通過を可能にしなければならないが、一方側で圧力を低く維持する必要がある、一方側のガスが他方側のコンポーネントと干渉することがあるので、アパーチャを通るガスの流れを制限しなければならない。

【0034】概して、アパーチャは、ソースLAのパルスごとに開放するようタイミングを調節する。しかし、アパーチャの開放は、ソースの1パルス以上分遅延させてもよく、したがってバリアの開放はなおビームと同期するが、全てのパルスを通過させるわけではない。これは、例えばソースの始動時に使用することができる。なぜなら初期パルスのエネルギー・レベルが時として不安定だからである。ソースは、ウェーハの露光中に規則正しく始動する必要がある。

【0035】単純にするため、本発明の特定の制御されたアパーチャに関する以下の記述は、ソースLAを装置の残りの部分から分離した状況におけるものである。しかし、以上で検討したような任意の状況で使用できることは理解される。

【0036】図3Aは、本発明に使用することができる「チョッパ」の形態をとる制御されたアパーチャを、断面図で示す。チョッパは、装置の第1区画9を装置の第2区画10から分離するバリアに装着するか、それと一体形成することができる。チョッパは、軸線8を中心に回転する回転プレート1で構成される。回転プレートは、2つの静止プレート3、4間に位置する。静止プレート3、4は、2つの区画9、10を分離するバリアに接続するか、それと一体でよい。静止プレート3、4はそれぞれアパーチャ5、6を有し、これは放射線ビーム7と整列する。回転プレート1は開口2を有する。回転プレート1が回転するにつれ、開口2は静止プレートの開口5、6と定期的に整列する。回転部材の開口2が静止プレート3、4の開口5、6と整列すると、バリアを通して第1区画9から第2区画10への開口が提供される。その他の時間では、回転部材1の開口2が静止プレート3、4の開口5、6と整列していないと、回転部材1が、第1静止プレート3の開口5と第2静止プレート4の開口6との間にバリアを形成する。したがって、第1区画9と第2区画10の間のバリアに開口が提供されない。

【0037】装置を使用する場合、使用する放射線ビー

ム7は、放射線の一連のパルスとして提供し、プレート1の回転は、開口2、5、6が放射線のパルス中に整列するようタイミングを調節する。したがって、放射線ビームは、第1区画9から第2区画10へと通過することができる。その他の時間は、開口が閉鎖し、開口を通るガスの流れをほぼ防止する。

【0038】図3Aに示す回転部材1は、1つの開口2を有する。しかし、回転部材には複数の開口を設けてもよい。これによって、回転部材が回転すべき速度が低下する。放射線のパルス間に1回転を終了する必要がもたれないからである。

【0039】第1、第2区画9、10間のガス流を防止する上で、図3Aに示すチョッパの有効性は、開口2、5、6が整列するか、部分的に整列する時間の長さ、および回転プレート1の周囲で流れるガスの量によって決定される。図3Bは、回転プレート1の開口2が静止プレート3、4の開口5、6と整列していない瞬間における、回転プレート1の一部の拡大図を示す。第1、第2区画9、10間のガス流の率は、回転プレート1と静止プレート3、4間のギャップのサイズ d_1 、およびガスが回転プレート1の周囲で流れなければならない長さ d_2 によって決定される。回転プレートと静止プレート間のギャップ d_1 が最小になり、回転プレート1周囲の流路 d_2 の長さが最大になると、チョッパ周囲の望ましくないガス流が減少する。後者は、回転プレート1の開口2を回転プレートの外側縁1aから可能な限り遠くに配置することによって実行することができる。開口2、5、6が整列すると、第1、第2区画9、10間に容易にガスの流路が生じるが、開口2、5、6はチョッパのデューティ・サイクル中の多くで整列しないので、ガス流は一定に開放する通路と比較して、大幅に減少する。

【0040】図4Aは、本発明のチョッパの代替形状の一部を示す。この場合は、2枚の静止プレート（図示せず）間に2つの回転ディスク13、14を配置する。この場合も、チョッパが開放する（つまり装置の2つの区画を分離するバリアを通る開口を提供する）には、静止プレートの開口（放射線ビームと整列する）が第1および第2回転ディスク13、14の開口11、12と整列しなければならない。図4Bは、静止プレート15、16とともに設置された回転ディスク13、14を断面図で示す。

【0041】回転ディスク13、14の開口11、12は、同じ半径 r_{11} 、 r_{12} である必要はない。しかし、開口は、ディスクの回転中心から同じ距離 r_2 であることが好ましい。

【0042】回転ディスク13、14は、相互に接続して、同調回転を保証し、したがって開口11、12を整列状態に維持してもよい。あるいは、異なる速度で回転するか、例えば反対方向に回転するよう、ディスクを装着してもよい。これには精度を非常に上げる必要があ

る。というのは、両方のディスクは、放射線のパルスがバリアの開口を通過できるよう、同時に静止プレート15、16の開口と正確に整列しなければならないからである。しかし、プレートを反対方向に回転すると、チョッパが部分的に開放する時間の量が減少するので有利である。

【0043】回転プレート13、14は、相互から距離 d に配置され、その間に空間18を得る。この空間は、チョッパを通る第1区画から第2区画へのガスの流れをさらに減少させるバッファ・ガスを充填すると有利である。これは、第1区画内のガスが第2区画にある装置のコンポーネントにとって時として有害であるので、重要である。例えばソースLA中のキセノンはEUV放射線を吸収してしまう。したがって、装置の残りの部分にあるキセノンの量を最少にすることが、非常に重要である。バッファ・ガスは、システムの残りの部分への影響が比較的少なくなるよう選択する。したがって、第2区画へのバッファ・ガスの流入防止は、第1区画のガスが第2区画に流入するのを防止するほど重要ではない。バッファ・ガスに関するさらなる情報は、参照により本明細書に組み込まれる欧州特許出願第0130947、5号で見ることができる。例えばアルゴンをバッファ・ガスとして使用してもよい。

【0044】バッファ・ガスを充填しなければならない2枚のディスク間の容積を減少させるため、回転ディスク13、14間に管19（図4Bに点線で図示）を挿入することができる。管19は、両方のディスクが同調回転する場合は、両方の回転ディスク13、14に取り付けることができる。あるいは、例えば回転プレート13、14が反対方向に回転する場合、管19は回転プレート13、14の一方にのみ取り付けるか、回転プレート13、14のいずれにも取り付けず、静止プレート15、16の開口に対して固定位置にすることができる。管の各端は、回転プレート13、14の開口11、12を囲み、開口の縁に取り付けることができる。（例えば図3Aに示すように）開口の一方が他方より大きい場合、管19は円錐台形である。

【0045】バッファ・ガスは、回転ディスク13、14間の空間18を通る永久的な流れによって補給してよい。あるいは、バッファ・ガスを定期的に補給してよい。バッファ・ガスは、定期的または連続的に空間18からポンプで排出するか、分散させてよい。

【0046】代替法として、回転プレート13、14間の空間18に、最初の2枚の静止プレートの開口と整列した開口を有する第3静止プレートを充填してもよい。

【0047】図5Aから図5Fは、2枚の回転ディスク間の空間に定期的にバッファ・ガスを補給する本発明のチョッパを示す。図5Bから図5Fは、図5Aの線A-Aに沿った断面図である。図4Aの例のように、チョッパは、2枚の回転プレート21、22で構成され、それ

それが開口23、24を有する。回転プレート21、22を、2枚の静止プレート25、26間に配置する。回転プレート21、22の開口23、24間に円錐台形の表面30を設ける。表面30は、バッファ・ガスを流すことができる空間31を画定する。

【0048】図5Aに示す瞬間では、第1回転プレート22の開口24が、第1静止プレート26のバッファ入口開口32と整列する。この瞬間に、空間31内の圧力は、バッファ供給源の圧力より低く、その結果、空間31に入るバッファ・ガスの流れ Q_A が生じる。回転ディスク21、22が、その間に取り付けた表面30とともに回転すると、第1回転プレートの開口24が移動して、第1静止プレート26のバッファ入口開口32からずれる。

【0049】図5Cに示す瞬間では、第1回転ディスク22の開口24がもはや第1静止プレートのバッファ・ガス入口開口32と全く整列していない。しかし、第2回転プレート21の開口23は、第2静止プレートの放射線ビーム開口27と部分的に整列している。その結果、バッファ・ガスの多少の漏れ Q_F が空間31から装置の第2区画へと入る。

【0050】図5に示す瞬間では、第1回転プレート22の開口24が、第1静止プレート26の放射線ビーム開口28と整列し、第2回転プレート21の開口23が、第2静止プレートの放射線ビーム開口と完全に整列する。したがってチョッパが開放し、放射線7のパルスが第1区画のソースLAから第2区画に照射することができる。この段階で、第2区画へのバッファ・ガスのさらなる漏れ Q_F が発生する。しかし、開口は短い期間しか開放していないので、ソース室9からの大量のガスが第2区画へと漏れることはなく、実際に第2区画へ漏れるガスの大部分は、バッファ・ガスにすぎない。

【0051】図5Eに示す瞬間では、第1回転プレート22の開口24が、もはや第2静止プレートの放射線ビーム開口28と整列していない。しかし、第2回転プレート21の開口23が第2静止プレートの放射線ビーム開口27と部分的に整列し、その結果、第2区画へのバッファ・ガスのさらなる漏れ Q_F がある。

【0052】図5Gに示す瞬間では、第2回転プレート21の開口23が、第2静止プレートのバッファ排出開口33と整列する。これは、比較的大きい容積に接続されて、低圧に維持され、その結果、空間31に残っているバッファ・ガスが、開口を通る流れ Q_P で排出される。

【0053】図5Aから図5Gに示すチョッパが効果的に動作するため、バッファ・ガスが空間31から第2区画へと流れるのにかかる特徴的な時間は、空間31が第2区画に対して（部分的に）開放している時間（つまり図5C、図5Dおよび図5Eに示す瞬間）より長くない

る時間は、静止プレート25、26（図5Aに図示）の開口32、27、28、33の配置構成を相互に近くなるよう移動することによって、減少させることができる。バッファ・ガスが空間31から空になるための特徴的な時間は、バッファ・ガスが流れる先のチョッパの側に、フォイル・トラップなどの放射線透過性であるガス流制限部を追加することによって、延長することができる。

【0054】図5Bから図5Gで示すように、円錐台形の表面30を回転プレート21、22に取り付ける。しかし、こうする必要はなく、回転プレートの開口が静止プレートの開口と整列した場合に、回転プレートの開口と整列する状態で、静止プレートに対して固定してもよい。このような場合、表面を大きくする必要もあることある。また、表面は円錐台形である必要はない。

【0055】図6Aおよび図6Bは、本発明での使用に適したチョッパのさらなる変形を示す。回転プレート49を静止プレート42に隣接して設ける。回転プレート40が回転すると、その開口41が静止プレートの開口43と定期的に整列し、ソースLAからの放射線ビーム7がバリアを通して照射することができる。静止プレート42に、境界空間45を画定する表面44を設ける。境界空間にバッファ・ガスを設けて、バッファを通る第1区画からのガス漏れを減少させる。表面44は開口46を有し、これは回転プレート40の第2開口47と定期的に整列する。これを使用して、新鮮なバッファ・ガスを境界空間45に提供することができる。回転プレートが回転すると、回転プレート40の開口47がバッファ・ガス供給開口48と整列し、バッファ・ガスが境界空間45へと流れることができる。

【0056】図6Aに示すように、放射線ビーム開口41およびバッファ・ガス開口47は、回転プレート上で、その回転軸49から異なる距離に配置される。これによって、放射線ビームがチョッパを通過するのとはほぼ同時に、バッファ・ガスを境界空間45に提供することができる。あるいは、図6Aに示すように、回転プレート40の放射線ビーム開口41が静止プレートの開口43と整列する直前に、バッファ・ガスを境界空間45に供給するよう、バッファ・ガス開口47を配置してもよい。

【0057】本発明の特定の実施形態について以上で説明してきたが、本発明は記述以外の方法で実践できることが理解される。説明は、本発明を制限するものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態によるリソグラフィ投影装置を示す。

【図2】図1に示した装置の一部をさらに詳細に示す。

【図3A】1枚の回転プレートを使用する本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図3B】1枚の回転プレートを使用する本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図4A】2枚の回転プレートを使用する本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図4B】2枚の回転プレートを使用する本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図5A】サイクルの1つの瞬間における本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図5B】サイクルの1つの瞬間における本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図5C】サイクルの1つの瞬間における本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図5D】サイクルの1つの瞬間における本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図5E】サイクルの1つの瞬間における本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図5F】サイクルの1つの瞬間における本発明の制御されたアパーチャを示す。

【図6A】本発明によるさらなる制御されたアパーチャを示す。

【図6B】本発明によるさらなる制御されたアパーチャを示す。

【符号の説明】

- 1 回転プレート
- 2 開口
- 3 静止プレート
- 4 静止プレート
- 5 アパーチャ
- 6 アパーチャ
- 7 放射線ビーム
- 8 軸線

* 9 第1排気済み区画

10 第2排気済み区画

11 開口

12 開口

13 回転ディスク

14 回転ディスク

15 静止プレート

16 静止プレート

18 空間

10 19 管

21 回転プレート

22 回転プレート

23 開口

24 開口

25 静止プレート

26 静止プレート

27 放射線ビーム開口

28 放射線ビーム開口

30 表面

20 31 空間

32 バッファ入口開口

33 開口

40 回転プレート

41 開口

42 静止プレート

43 開口

45 境界空間

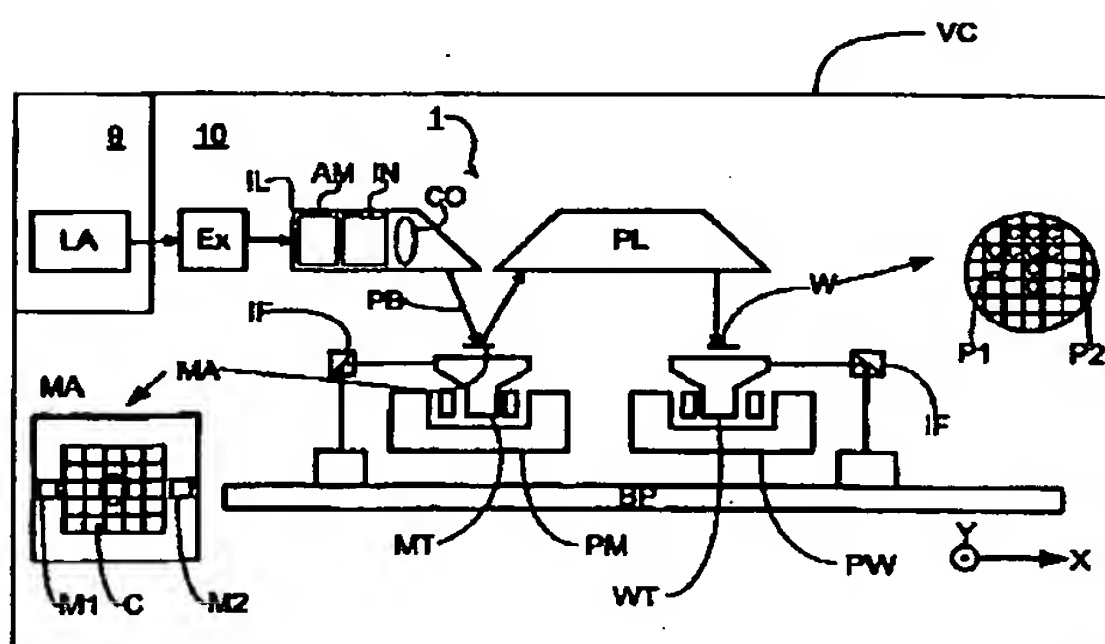
46 開口

47 開口

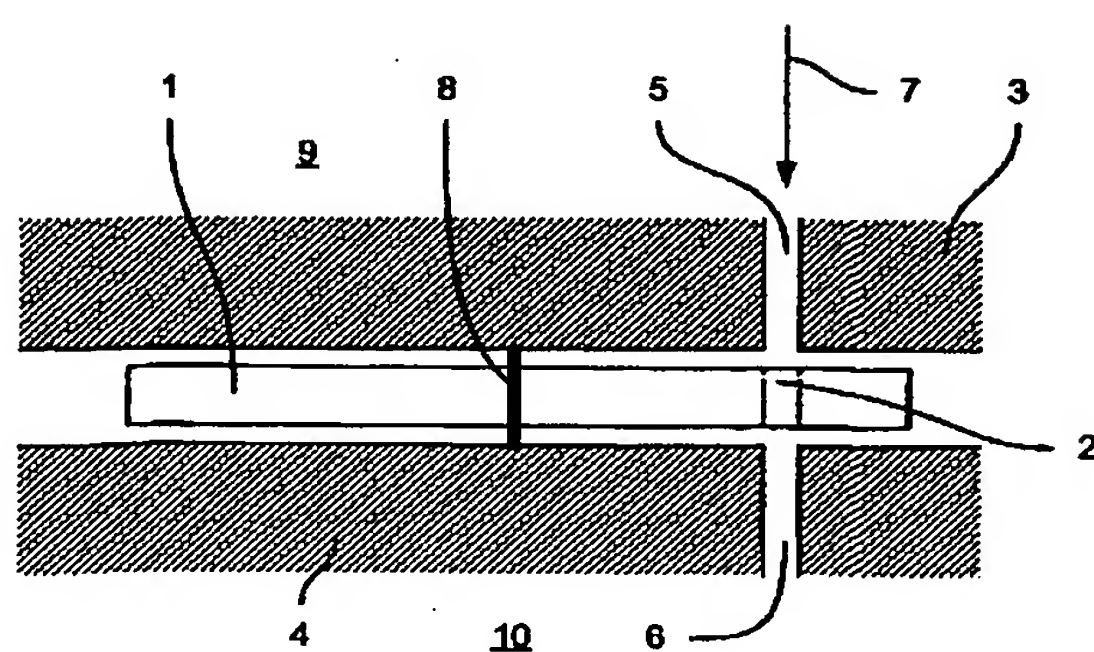
30 48 バッファ・ガス供給開口

*

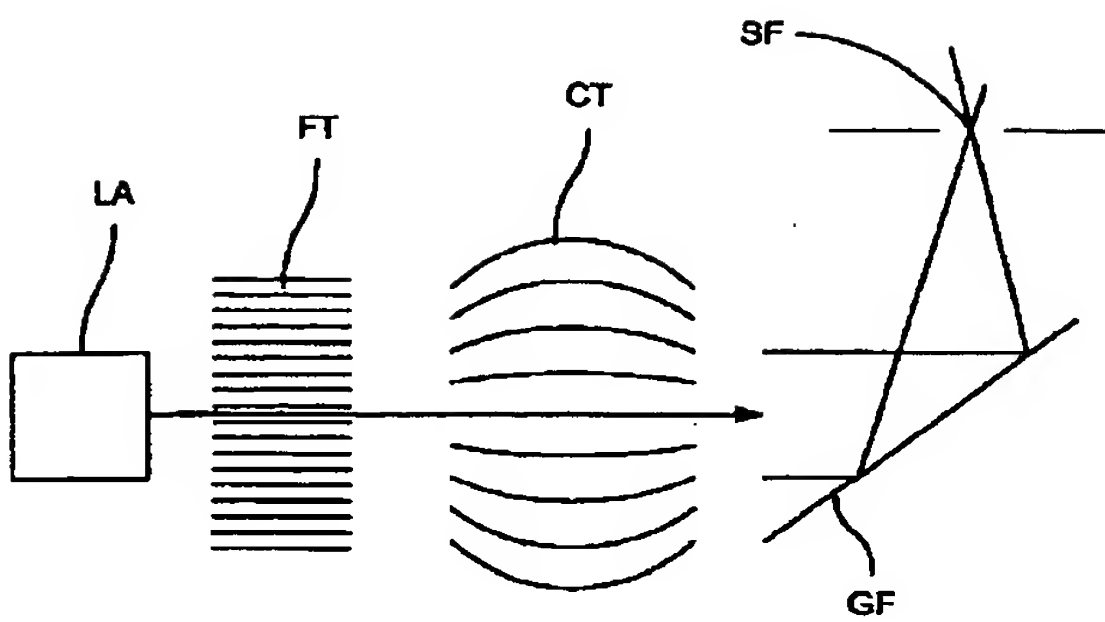
【図1】



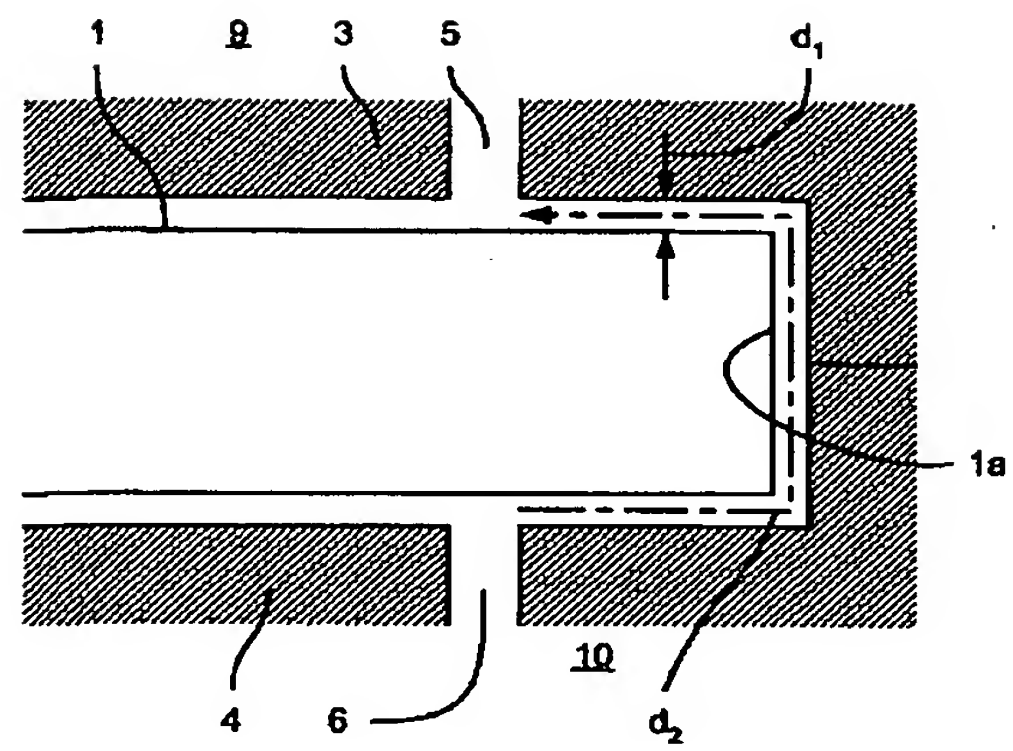
【図3A】



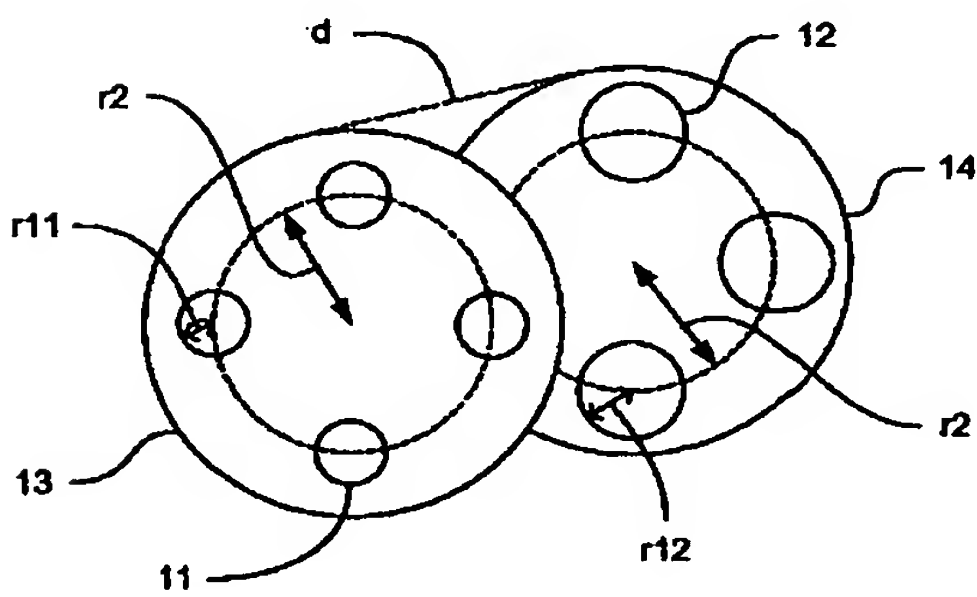
【図2】



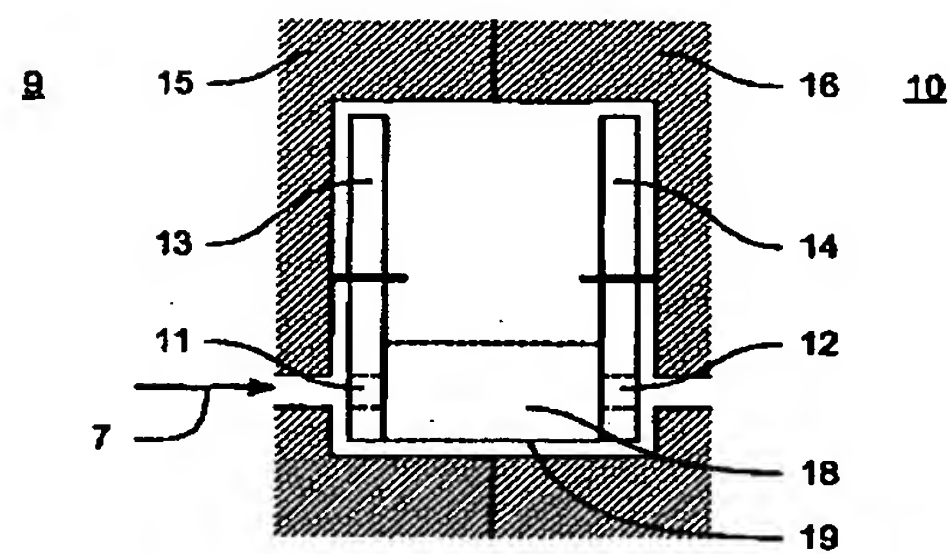
【図3B】



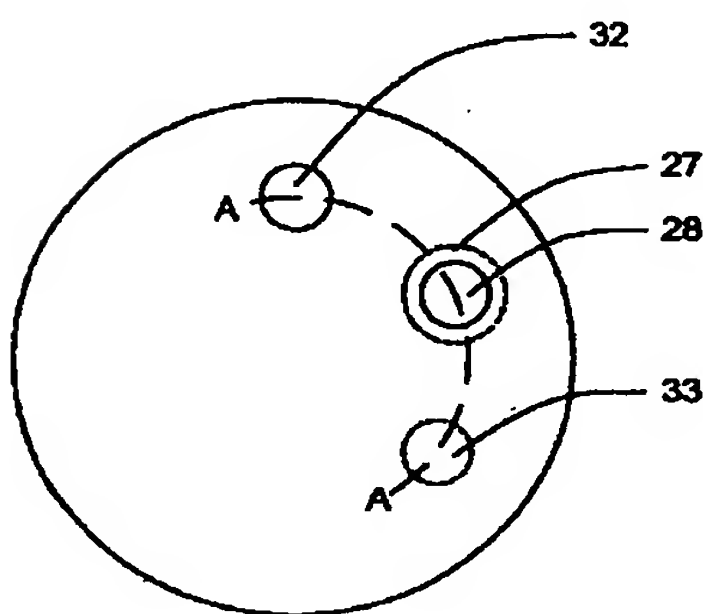
【図4A】



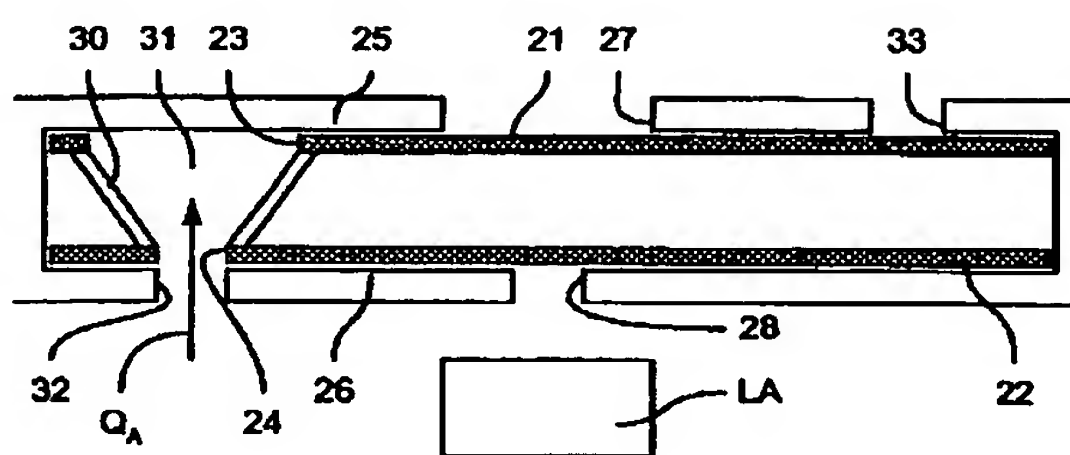
【図4B】



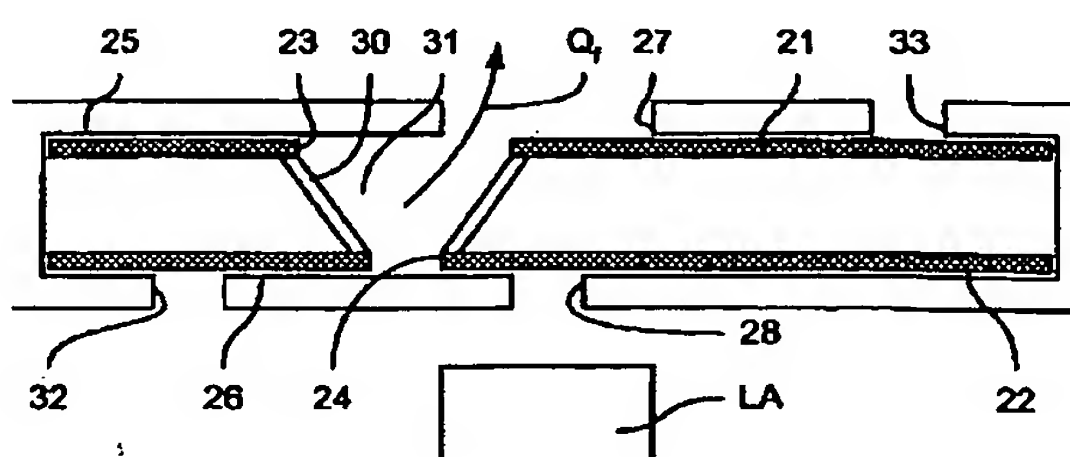
【図5A】



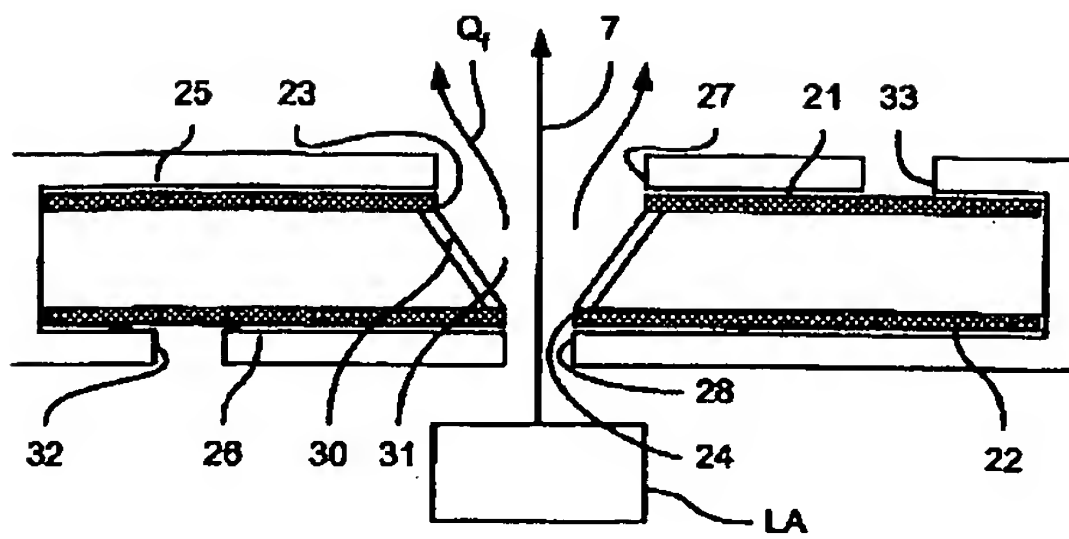
【図5B】



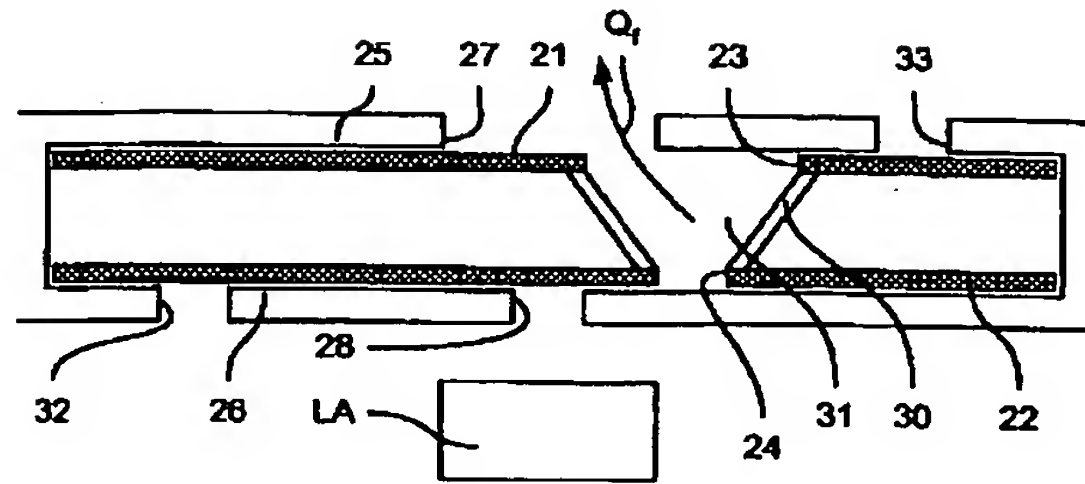
【図5C】



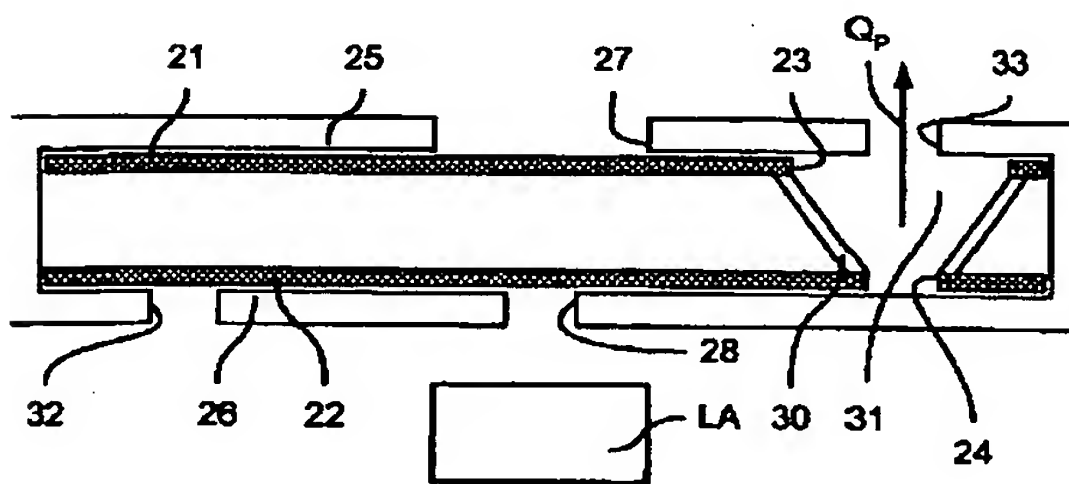
【図5D】



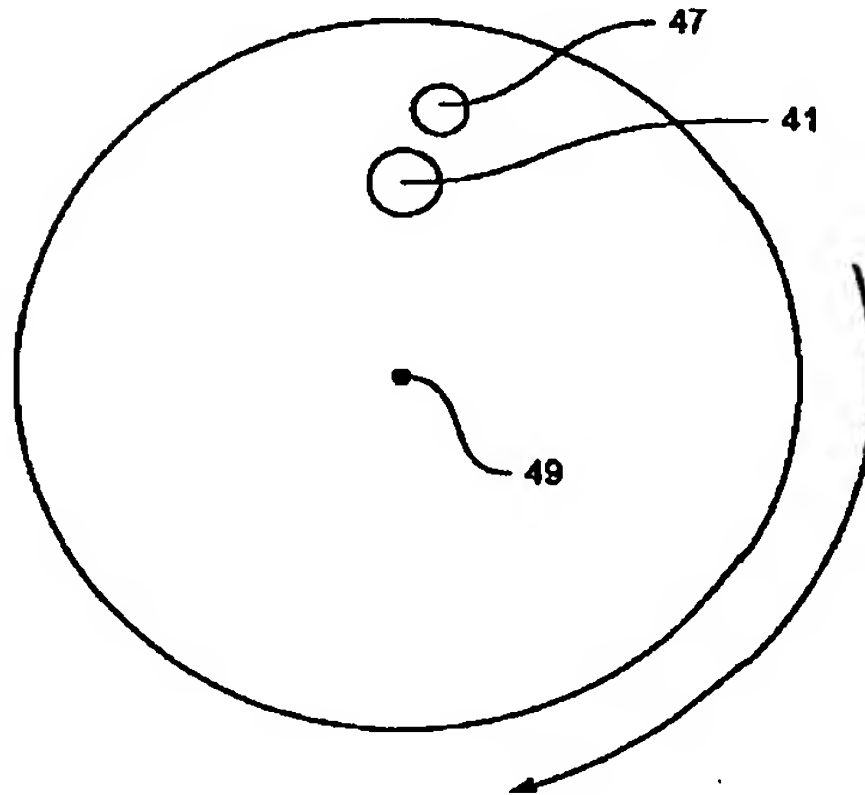
【図5E】



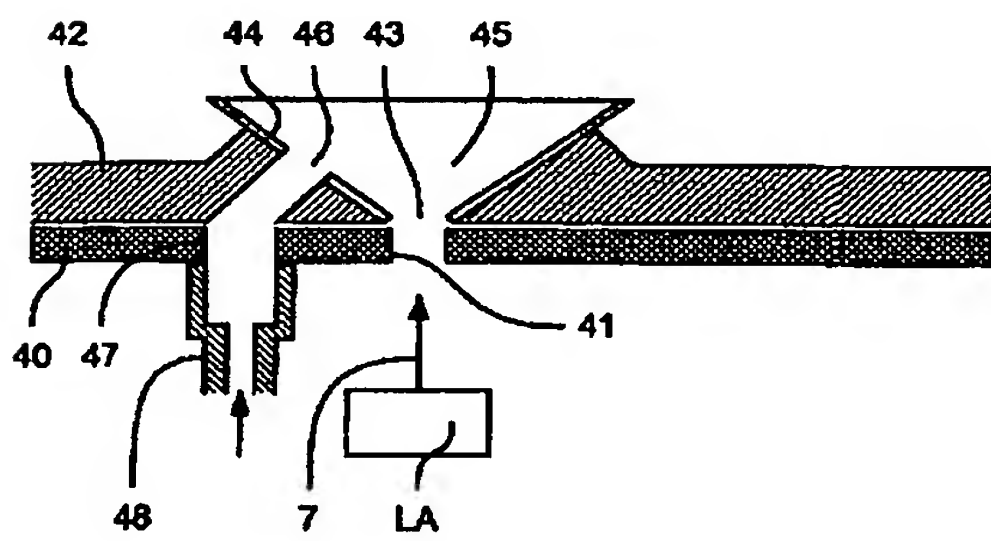
【図5F】



【図6A】



【図6B】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 21/30

5 1 6 F

(72)発明者 イェローン ヨンケルス
ドイツ連邦共和国 アーヘン、ヒルシュグ
ラーベン 30

(72)発明者 アントニウス ヨハンネス ヨセフス ヴ
ァン デュッセルドンク
オランダ国 ハベルト、フェンブローク
22

(13)

特開2003-318107

(72)発明者 マルセル マティユス テオドール マリ
ー ディーリクス
オランダ国 ヴェンロ、チリュルギュンス
トラート 1

Fターム(参考) 2H097 BA02 CA15 LA10
5F046 AA22 BA07 CB05 DA27 GA07
GA14 GB05

【外国語明細書】

Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method.

The present invention relates to a lithographic projection apparatus comprising:

- a radiation system for supplying a pulsed projection beam of radiation;
- a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to
5 pattern the projection beam according to a desired pattern;
- a substrate table for holding a substrate; and
- a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate.

10

The term "patterning means" as here employed should be broadly interpreted as referring to means that can be used to endow an incoming radiation beam with a patterned cross-section, corresponding to a pattern that is to be created in a target portion of the substrate; the term "light valve" can also be used in this context. Generally,
15 the said pattern will correspond to a particular functional layer in a device being created in the target portion, such as an integrated circuit or other device (see below). Examples of such patterning means include:

- A mask. The concept of a mask is well known in lithography, and it includes mask types such as binary, alternating phase-shift, and attenuated phase-shift, as well as
20 various hybrid mask types. Placement of such a mask in the radiation beam causes selective transmission (in the case of a transmissive mask) or reflection (in the case of a reflective mask) of the radiation impinging on the mask, according to the pattern on the mask. In the case of a mask, the support structure will generally be a mask table, which ensures that the mask can be held at a desired position in the
25 incoming radiation beam, and that it can be moved relative to the beam if so desired.
- A programmable mirror array. One example of such a device is a matrix-addressable surface having a viscoelastic control layer and a reflective surface. The basic principle behind such an apparatus is that (for example) addressed areas of the

-2-

reflective surface reflect incident light as diffracted light, whereas unaddressed areas reflect incident light as undiffracted light. Using an appropriate filter, the said undiffracted light can be filtered out of the reflected beam, leaving only the diffracted light behind; in this manner, the beam becomes patterned according to the addressing pattern of the matrix-addressable surface. An alternative embodiment of a programmable mirror array employs a matrix arrangement of tiny mirrors, each of which can be individually tilted about an axis by applying a suitable localized electric field, or by employing piezoelectric actuation means. Once again, the mirrors are matrix-addressable, such that addressed mirrors will reflect an incoming radiation beam in a different direction to unaddressed mirrors; in this manner, the reflected beam is patterned according to the addressing pattern of the matrix-addressable mirrors. The required matrix addressing can be performed using suitable electronic means. In both of the situations described hereabove, the patterning means can comprise one or more programmable mirror arrays. More information on mirror arrays as here referred to can be gleaned, for example, from United States Patents US 5,296,891 and US 5,523,193, and PCT patent applications WO 98/38597 and WO 98/33096, which are incorporated herein by reference. In the case of a programmable mirror array, the said support structure may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

A programmable LCD array. An example of such a construction is given in United States Patent US 5,229,872, which is incorporated herein by reference. As above, the support structure in this case may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

For purposes of simplicity, the rest of this text may, at certain locations, specifically direct itself to examples involving a mask and mask table; however, the general principles discussed in such instances should be seen in the broader context of the patterning means as hereabove set forth.

Lithographic projection apparatus can be used, for example, in the manufacture of integrated circuits (ICs). In such a case, the patterning means may generate a circuit pattern corresponding to an individual layer of the IC, and this pattern can be imaged onto a target portion (e.g. comprising one or more dies) on a substrate (silicon wafer) that has been coated with a layer of radiation-sensitive material (resist). In general, a

-3-

single wafer will contain a whole network of adjacent target portions that are successively irradiated via the projection system, one at a time. In current apparatus, employing patterning by a mask on a mask table, a distinction can be made between two different types of machine. In one type of lithographic projection apparatus, each target portion is irradiated by exposing the entire mask pattern onto the target portion in one go; such an apparatus is commonly referred to as a wafer stepper. In an alternative apparatus — commonly referred to as a step-and-scan apparatus — each target portion is irradiated by progressively scanning the mask pattern under the projection beam in a given reference direction (the "scanning" direction) while synchronously scanning the substrate table parallel or anti-parallel to this direction; since, in general, the projection system will have a magnification factor M (generally < 1), the speed V at which the substrate table is scanned will be a factor M times that at which the mask table is scanned. More information with regard to lithographic devices as here described can be gleaned, for example, from US 6,046,792, incorporated herein by reference.

In a manufacturing process using a lithographic projection apparatus, a pattern (e.g. in a mask) is imaged onto a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material (resist). Prior to this imaging step, the substrate may undergo various procedures, such as priming, resist coating and a soft bake. After exposure, the substrate may be subjected to other procedures, such as a post-exposure bake (PEB), development, a hard bake and measurement/inspection of the imaged features. This array of procedures is used as a basis to pattern an individual layer of a device, e.g. an IC. Such a patterned layer may then undergo various processes such as etching, ion-implantation (doping), metallization, oxidation, chemo-mechanical polishing, etc., all intended to finish off an individual layer. If several layers are required, then the whole procedure, or a variant thereof, will have to be repeated for each new layer. Eventually, an array of devices will be present on the substrate (wafer). These devices are then separated from one another by a technique such as dicing or sawing, whence the individual devices can be mounted on a carrier, connected to pins, etc. Further information regarding such processes can be obtained, for example, from the book "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing", Third Edition, by Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4, incorporated herein by reference.

For the sake of simplicity, the projection system may hereinafter be referred to as the "lens"; however, this term should be broadly interpreted as encompassing various

-4-

types of projection system, including refractive optics, reflective optics, and catadioptric systems, for example. The radiation system may also include components operating according to any of these design types for directing, shaping or controlling the projection beam of radiation, and such components may also be referred to below, collectively or singularly, as a "lens". Further, the lithographic apparatus may be of a type having two or more substrate tables (and/or two or more mask tables). In such "multiple stage" devices the additional tables may be used in parallel, or preparatory steps may be carried out on one or more tables while one or more other tables are being used for exposures. Dual stage lithographic apparatus are described, for example, in US 5,969,441 and WO 98/40791, incorporated herein by reference.

The performance of conventional lithographic projection apparatus, especially those employing EUV radiation, has been limited by losses in intensity of the radiation beams. These losses result in an overall loss in intensity of the beam, resulting in increased exposure times and therefore reduced throughput, and local losses in intensity which results in a loss of the uniformity of the image projected onto the substrate. This effect is especially severe for apparatus using EUV radiation since the EUV radiation is significantly absorbed by most materials. Therefore it is desirable for the path of the beam to be in a vacuum to prevent such losses.

20

It is an object of the present invention to reduce the causes of beam intensity loss within a lithographic projection apparatus.

This and other objects are achieved according to the invention in a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph, characterized in that said apparatus further comprises:

- a barrier for preventing gas and/or particle flow from a first to a second part of said apparatus, said barrier comprising a controlled aperture;
- a controller for operating the controlled aperture, for opening and closing the controlled aperture in synchronism with said pulsed beam so as to permit passage of pulses of one of said beams of radiation through the barrier.

30

-5-

This is advantageous if, for example, the gas present in the first part of the apparatus absorbs the radiation being used but the radiation is required to be transmitted through the second part of the apparatus. The gas flow between the first and second part of the apparatus is limited to only occur during the pulses of radiation thus significantly
5 reducing the flow of gas. By reducing the gas flow to the second part of the apparatus less radiation will be absorbed. Such apparatus is also advantageous since any debris or other contaminants resulting from the pulse of radiation will typically arrive at the controlled aperture after it has closed (due to the debris being slower than the photons of the radiation beam). Therefore the controlled aperture will also provide an effective barrier against
10 debris.

Preferably the controlled aperture is comprised of a stationary member, that may be integral to or connected to the barrier, provided with an opening aligned with the beam of radiation. The controlled aperture further comprises a rotating member, located adjacent to the stationary member, provided with one or more openings that, as the rotating
15 member rotates, are periodically aligned with the opening in the stationary member. This provides, periodically, an opening through the barrier which is closed at other times to prevent gas flow through the barrier. This configuration is advantageous as it is simple to implement, may be used at high cycle rates and may be adjusted for given situations by, for example, adjusting the speed of rotation of the rotating member and adjusting the sizes of
20 the openings.

This embodiment may preferably comprise a second stationary member, arranged such that the rotating member is located between the first and second stationary members. The second stationary member is also provided with an opening aligned with the beam of radiation. The additional stationary member is advantageous since it reduces the
25 leakage of gas around the rotating member when the aperture is closed.

The controlled aperture may further have a second rotating member, also located between the two stationary members. The second rotating member also has one or more openings arranged such that, as the second rotating member rotates, the openings are periodically aligned with the openings in the stationary members. For the opening through
30 the controlled aperture to be open, thus enabling a beam of radiation to be radiated through the barrier, an opening in both the first and the second rotating member must be aligned with the openings in the stationary members. This configuration is advantageous since it can improve the control of the controlled aperture. For example, the first and second

-6-

rotating members may be configured such that they can rotate in opposite directions. In this case, the opening through the controlled aperture is partially open for a shorter proportion of the operation cycle. This in turn reduces the amount of gas that flows between the first and second parts of the apparatus.

5 Furthermore, a space may be provided between the first and second rotating members. This space may, in a preferred configuration, be filled with a buffer gas. The buffer gas further reduces the amount of gas that flows from the first part of the apparatus to the second part of the apparatus. This may be especially advantageous if the gas flow from the first to the second part of the apparatus is detrimental to the performance of the
10 second part of the apparatus. The buffer gas is chosen to be less detrimental to the performance of the second part of the apparatus than the gas flowing from the first part of the apparatus. The buffer gas may be refreshed, either constantly or periodically.

The space between the rotating members, and hence the amount of buffer gas required, may be reduced by providing a tube that extends from an edge surrounding an
15 opening on the first rotating member to an edge surrounding an opening on the second rotating member. This may be necessary if, for example, the buffer gas that is required is costly or if the required refresh rate of gas in the space is high.

In a yet further alternative, the space between the two rotating members may be filled with a further stationary member with an opening aligned with the beam of
20 radiation. This will reduce the flow of gas around the rotating members when the aperture is closed. It further reduces the flow of gas to the second part of the apparatus because the buffer gas only enters when it is required.

In an alternative embodiment, the controlled aperture may be comprised of a stationary member, that may be integral to or connected to the barrier, provided with an
25 opening aligned with the beam of radiation. The controlled aperture further comprises a rotating member, located adjacent to the stationary member, provided with one or more openings that, as the rotating member rotates, are periodically aligned with the opening in the stationary member. This provides, periodically, an opening through the barrier which is closed at other times to prevent gas flow through the barrier. A tube is provided, extending
30 from an edge surrounding the opening in the stationary member. The tube defines a space that opens into the second part of the apparatus. The space contains a buffer gas, provided from a buffer gas inlet when an opening in the rotating member is aligned with the inlet. This embodiment is advantageous since it is simple and therefore easily synchronized with

-7-

the pulsed beam but it also reduces the impact of gas flows into the second part of the apparatus by means of the buffer gas.

In a preferred arrangement of the present invention, the radiation system comprises a radiation source which is provided on a first side of the barrier and a substantially evacuated system, provided on the other side of the barrier. This may be the case, for example, where the radiation source is an EUV discharge source requiring Xenon gas at a pressure of about 0.1 millibars and the EUV beam is required to be radiated through an evacuated system to reduce losses in beam intensity. The invention therefore is able to provide an opening through the barrier for the EUV beam to be transmitted to the evacuated system whilst minimizing the flow of Xenon gas into the evacuated system.

Alternatively or additionally, the present invention may be used to separate the substrate from the projection system. In this case, it is advantageous to use the controlled aperture of the present invention since the pulses of radiation on the substrate will result in outgassing from the resist on the substrate. It is undesirable for the gasses, and any contaminants (such as hydrocarbons) entrained therein, to flow into the projection system where the gas will cause a reduction in the intensity of the radiation beam and the contaminants may cause damage to the elements of the projection system. The controlled aperture of the present invention significantly reduces the flow of gasses to the projection system.

According to a further aspect of the invention there is provided a device manufacturing method comprising the steps of:

- providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material;
 - providing a pulsed projection beam of radiation using a radiation system;
 - 25 - using patterning means to endow the projection beam with a pattern in its cross-section;
 - projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,
- characterized by opening and closing, in synchronism with said pulsed beam, a controlled aperture in a barrier for preventing gas flow from a first to a second part of said apparatus;
- 30 said controlled aperture providing an opening through the barrier aligned with one of said beams of radiation during pulses of said pulsed beam and substantially preventing gas flow from said first part to said second part of the apparatus between said pulses.

-8-

Although specific reference may be made in this text to the use of the apparatus according to the invention in the manufacture of ICs, it should be explicitly understood that such an apparatus has many other possible applications. For example, it may be employed in the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal display panels, thin-film magnetic heads, etc. The skilled artisan will appreciate that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "reticle", "wafer" or "die" in this text should be considered as being replaced by the more general terms "mask", "substrate" and "target portion", respectively.

10 In the present document, the terms "radiation" and "beam" are used to encompass all types of electromagnetic radiation, including ultraviolet radiation (*e.g.* with a wavelength of 365, 248, 193, 157 or 126 nm) and EUV (extreme ultra-violet radiation, *e.g.* having a wavelength in the range 5-20 nm), as well as particle beams, such as ion beams or electron beams.

15

Embodiments of the invention will now be described, by way of example only, with reference to the accompanying schematic drawings in which:

20 Figure 1 depicts a lithographic projection apparatus according to an embodiment of the invention;

Figure 2 depicts, in more detail, a portion of the apparatus shown in Figure 1.

25 Figures 3A and 3B depict a controlled aperture of the present invention using a single rotating plate;

Figures 4A and 4B depict a controlled aperture of the present invention utilizing two rotating plates;

Figures 5A through 5F depict a controlled aperture of the present invention at five instants through its cycle; and

30 Figures 6A and 6B depict a further controlled aperture according to the present invention.

In the Figures, corresponding reference symbols indicate corresponding parts.

Embodiment 1

5

Figure 1 schematically depicts a lithographic projection apparatus according to a particular embodiment of the invention. The apparatus comprises:

- a radiation system Ex, IL, for supplying a projection beam PB of radiation (e.g. EUV radiation), which in this particular case also comprises a radiation source LA;
- 10 • a first object table (mask table) MT provided with a mask holder for holding a mask MA (e.g. a reticle), and connected to first positioning means PM for accurately positioning the mask with respect to item PL;
- a second object table (substrate table) WT provided with a substrate holder for holding a substrate W (e.g. a resist-coated silicon wafer), and connected to second
- 15 positioning means PW for accurately positioning the substrate with respect to item PL;
- a projection system ("lens") PL (e.g. a mirror group) for imaging an irradiated portion of the mask MA onto a target portion C (e.g. comprising one or more dies) of the substrate W.

As here depicted, the apparatus is of a reflective type (e.g. has a reflective mask). However, 20 in general, it may also be of a transmissive type, for example (e.g. with a transmissive mask). Alternatively, the apparatus may employ another kind of patterning means, such as a programmable mirror array of a type as referred to above.

The source LA (e.g. a laser-produced or discharge plasma source) produces a beam of radiation. This beam is fed into an illumination system (illuminator) IL, either 25 directly or after having traversed conditioning means, such as a beam expander Ex, for example. The illuminator IL may comprise adjusting means AM for setting the outer and/or inner radial extent (commonly referred to as σ -outer and σ -inner, respectively) of the intensity distribution in the beam. In addition, it will generally comprise various other components, such as an integrator IN and a condenser CO. In this way, the beam PB 30 impinging on the mask MA has a desired intensity distribution in its cross-section.

It should be noted with regard to Figure 1 that the source LA may be within the housing of the lithographic projection apparatus (as is often the case when the source LA is a mercury lamp, for example), but that it may also be remote from the lithographic

-10-

projection apparatus, the radiation beam which it produces being led into the apparatus (e.g. with the aid of suitable directing mirrors); this latter scenario is often the case when the source LA is an excimer laser. The current invention and Claims encompass both of these scenarios.

5 The beam PB subsequently intercepts the mask MA, which is held on a mask table MT. Having been selectively reflected by the mask MA, the beam PB passes through the lens PL, which focuses the beam PB onto a target portion C of the substrate W. With the aid of the second positioning means (and interferometric measuring means IF), the substrate table WT can be moved accurately, e.g. so as to position different target
10 portions C in the path of the beam PB. Similarly, the first positioning means can be used to accurately position the mask MA with respect to the path of the beam PB, e.g. after mechanical retrieval of the mask MA from a mask library, or during a scan. In general, movement of the object tables MT, WT will be realized with the aid of a long-stroke module (course positioning) and a short-stroke module (fine positioning), which are not
15 explicitly depicted in Figure 1. However, in the case of a wafer stepper (as opposed to a step-and-scan apparatus) the mask table MT may just be connected to a short stroke actuator, or may be fixed.

The depicted apparatus can be used in two different modes:

1. In step mode, the mask table MT is kept essentially stationary, and an entire mask
20 image is projected in one go (i.e. a single "flash") onto a target portion C. The substrate table WT is then shifted in the x and/or y directions so that a different target portion C can be irradiated by the beam PB;
2. In scan mode, essentially the same scenario applies, except that a given target
25 portion C is not exposed in a single "flash". Instead, the mask table MT is movable in a given direction (the so-called "scan direction", e.g. the y direction) with a speed v , so that the projection beam PB is caused to scan over a mask image; concurrently, the substrate
30 table WT is simultaneously moved in the same or opposite direction at a speed $V = Mv$, in which M is the magnification of the lens PL (typically, $M = 1/4$ or $1/5$). In this manner, a relatively large target portion C can be exposed, without having to compromise on resolution.

As shown in Figure 2, the apparatus is contained in a vacuum system VC. The source LA is located in a first evacuated compartment 9 and the remainder of the apparatus is located in a second evacuated compartment 10.

-11-

Figure 2 represents, in more detail, a portion of the apparatus shown in Figure 1. The source LA, which typically operates in an atmosphere of about 0.1 mbar of Xenon, produces a beam of radiation. The beam of radiation passes through a foil trap FT which collects debris from the source LA and restricts the flow of gas from the source side to its other side which will typically be at approximately 10^{-3} mbar. The beam of radiation subsequently traverses a collector CT and is reflected by a grating spectral filter GF into the main body of the apparatus which is a vacuum system which will typically operate at 10^{-6} mbar and contains, for example, the illumination system IL, patterning means MA, the projection system PL and the substrate W. The controlled aperture of the present invention is therefore required to permit pulsed beams of radiation to be transmitted between compartments of the apparatus which may operate at different pressures whilst minimizing the flow of gas between these compartments. Depending on the system requirements it can, for example, either replace or be in addition to the foil trap. In case of the latter, the controlled aperture may be located before or after the foil trap FT. A controlled aperture of the present invention may also be located after the grating spectral filter GF at a point of secondary focus SF.

Furthermore, the controlled aperture of the present invention may also be used between the projection system and the substrate. As the resist on the substrate is selectively developed by the radiation system, a significant amount of gas is produced. The controlled aperture may therefore be used as part of a barrier to prevent or minimize the flow of gas from the substrate to the projection system. This is especially important as there may be particles and/or other debris entrained in the gas flow.

Infrared radiation in the projection beam causes wafer-heating. Consequently, it is desirable to minimize the amount of infrared radiation in the projection beam. Most of this infrared radiation is generated by hot elements in the lithography apparatus and, in particular, in the source/collector module. The amount of infrared radiation produced by the hot elements is largely constant over time. Therefore the controlled aperture can be used to significantly reduce the infrared radiation since it will block it while the aperture is closed. A preferred position of the controlled aperture for this use is at the intermediate focus, where the beam diameter is relatively small. It may, however, be used at other locations to reduce the infrared radiation reaching the wafer. To improve the performance of the controlled aperture in minimizing transmission of the infrared radiation to the wafer, an infrared reflective coating may be applied to the infrared

-12-

source side of the controlled aperture (reducing the heat-load on the controlled aperture) and/or a coating with low emissivity may be applied to the other side (reducing the infrared radiation from the controlled aperture). Furthermore, the controlled aperture may also be temperature controlled and/or may be cooled.

5 Wherever the controlled aperture is located it must allow the beam of radiation through without any significant loss in beam intensity but it must restrict the flow of gas through the aperture since the pressure will need to be kept lower on one side and since the gas on one side may interfere with components on the other side.

 In general, the aperture will be timed to be open for each pulse of the source
10 LA. However, the opening of the aperture may be delayed for one or more pulses of the source such that, although the opening of the barrier is still synchronized to the beam, it does not let every pulse through. This may be used, for example, during start-up of the source since the energy level of the initial pulses may be unstable. The source may need to be started-up regularly during the exposure of a wafer.

15 For the sake of simplicity, the description, below, of specific controlled apertures of the present invention will be in the context of separating the source LA from the remainder of the apparatus. It will, however, be appreciated that they may be utilized in any situation such as those discussed above.

 Fig. 3A depicts, in cross-section, a controlled aperture, taking the form of a
20 "chopper", that may be used in the present invention. The chopper may be mounted onto or integrally formed in a barrier separating the first compartment 9 of the apparatus from the second compartment 10 of the apparatus. The chopper consists of a rotating plate 1 which rotates about an axis 8. The rotating plate is located between two stationary plates 3, 4. The stationary plates 3, 4 may be connected to or integral to the barrier separating the
25 two compartments 9, 10. The stationary plates 3, 4 have apertures 5, 6 respectively, which are aligned with a beam of radiation 7. The rotating plate 1 has an opening 2. As the rotating plate 1 rotates, the opening 2 is periodically aligned with the openings 5, 6 in the stationary plates. When the opening 2 in the rotating member is aligned with the openings 5, 6 in the stationary plates 3, 4 an opening is provided through the barrier from the first
30 compartment 9 to the second compartment 10. At other times, when the opening 2 in the rotating member 1 is not aligned with the openings 5, 6 in the stationary plates 3, 4, the rotating member 1 forms a barrier between the opening 5 in the first stationary plate 3 and

-13-

the opening 6 in the second stationary plate 4. Therefore no opening is provided in the barrier between the first compartment 9 to the second compartment 10.

When the apparatus is used, the beam of radiation 7 used is provided as a series of pulses of radiation, and the rotation of the plate 1 is timed such that the openings 2, 5, 6 are aligned during pulses of radiation. The beam of radiation therefore may pass from the first compartment 9 to the second compartment 10. At other times the opening is closed, substantially preventing any flow of gas through the opening.

The rotating member 1 shown in Fig. 3A has a single opening 2. However, the rotating members may be provided with a plurality of openings. This reduces the speed at which the rotating member must rotate since it will no longer need to complete a complete revolution between pulses of radiation.

The effectiveness of the chopper shown in Fig. 3A for preventing the flow of gas between the first and second compartments 9, 10 is determined by how long the openings 2, 5, 6 are aligned or partially aligned and by how much gas flows around the rotating plate 1. Fig. 3B shows an enlarged view of part of the rotating plate 1 at an instant when the opening 2 in the rotating plate 1 is not aligned with the openings 5, 6 in the stationary plates 3, 4. The rate at which gas flows between the first and second compartments 9, 10 is dependent on the size d_1 of the gap between the rotating plate 1 and the stationary plates 3, 4 and the length d_2 that the gas must flow around the rotating plate 1. Unwanted gas flow around the chopper will be reduced if the gap d_1 between the rotating plate and the stationary plates is minimized and if the length of the flowpath d_2 around the rotating plate 1 is maximized. The latter may be effected by arranging the opening 2 in the rotating plate 1 as far as possible from the outside edge 1a of the rotating plate. Alignment of the openings 2, 5, 6 provides an easy gas flowpath between the first and second compartments 9, 10 but since the opening 2, 5, 6 are not aligned for much of the duty cycle of the chopper, the gas flow is greatly reduced in comparison to a constantly open passage.

Fig. 4A shows part of an alternative configuration of a chopper of the present invention. In this case two rotating discs 13, 14 are disposed between two stationary plates (not shown). Again, for the chopper to be open (namely providing an opening through a barrier separating two compartments of the apparatus), the openings in the stationary plates (which are aligned with the beam of radiation) must be aligned with

-14-

the openings 11, 12 on the first and second rotating discs 13, 14. Fig. 4B shows, in cross section, the rotating discs 13, 14 installed with the stationary plates 15, 16.

The openings 11, 12 in the rotating discs 13, 14 need not have the same radius $r11$, $r12$. However, the openings are preferably the same distance $r2$ from the center of rotation of the discs.

The rotating discs 13, 14 may be connected to each other to ensure that they rotate in unison, thus keeping the openings 11, 12 aligned. Alternatively the discs may be mounted such that they rotated at different speeds or, for example, in opposite directions. This requires greater precision as both discs must be correctly aligned with the openings in the stationary plates 15, 16 at the same time to allow the pulse of radiation through the opening in the barrier. However, rotating the plates in opposite directions advantageously reduces the amount of time that the chopper is partially open.

The rotating plates 13, 14 are arranged a distance d from each other, creating a space 18 between them. This space may, advantageously, be filled with a buffer gas which will further reduce the flow of gas from the first compartment to the second compartment through the chopper. This is important since the gas in the first compartment may have a detrimental effect on components of the apparatus in the second compartment. For example the Xenon in the source LA absorbs EUV radiation. It is therefore very important to minimize the amount of Xenon in the remainder of the apparatus. The buffer gas is selected for its relatively low impact on the remainder of the system. It is therefore less critical to prevent flow of the buffer gas into the second compartment than it is to prevent the gas in the first compartment from flowing into the second compartment. More information on such buffer gasses may be found in European Patent Application No. 0130947.5 which is incorporated herein by reference. Argon, for example, may be used as the buffer gas.

In order to reduce the volume between the two discs that must be filled with buffer gas, a tube 19 (shown in dotted lines in Fig. 4B) may be inserted between the rotating discs 13, 14. The tube 19 may, if both discs rotate in unison, be attached to both rotating discs 13, 14. Alternatively, for example, if the rotating plates 13, 14 rotate in opposite directions, the tube 19 may be attached to only one of the rotating plates 13, 14 or may be attached to neither of the rotating plates 13, 14 but be in a fixed location with respect to the openings in the stationary plates 15, 16. Each end of the tube surrounds the opening 11, 12 in the rotating plate 13, 14 and may be attached to the edges of the

-15-

openings. Where one of the openings is larger than the other (for example, as shown in Fig. 3A), the tube 19 may be frustro-conical in shape.

The buffer gas may be replenished by a permanent flow through the space 18 between the rotating discs 13, 14. Alternatively the buffer gas may be replenished periodically. The buffer gas may be pumped out of the space 18, periodically or continuously, or may disperse.

As an alternative, the space 18 between the rotating plates 13, 14 may be filled with a third stationary plate with openings aligned with those of the first two stationary plates.

10 Figs. 5A to 5F show a chopper of the present invention which periodically replenishes the buffer gas in the space between two rotating discs. Figures 5B to 5F are cross-sections along the line A-A in Figure 5A. As in the example in Fig. 4A, the chopper is comprised of two rotating plates 21, 22, each of which has an opening 23, 24, respectively. The rotating plates 21, 22 are arranged between two stationary plates 25, 26. 15 A frustro-conical surface 30 is provided between the openings 23, 24 in the rotating plates 21, 22. The surface 30 defines a space 31 that may be flushed with buffer gas.

At the instant shown in Fig. 5A the opening 24 in the first rotating plate 22 is aligned with a buffer inlet opening 32 in the first stationary plate 26. At this instant the pressure in the space 31 is lower than that in the buffer supply, resulting in a flow Q_A of 20 buffer gas into the space 31. As the rotating discs 21, 22, with the surface 30 attached between them, rotate, the opening 24 in the first rotating plate moves out of alignment with the buffer inlet opening 32 in the first stationary plate 26.

At the instant shown in Fig. 5C the opening 24 in the first rotating disc 22 is no longer aligned at all with the buffer gas inlet opening 32 in the first stationary plate. 25 The opening 23 in the second rotating plate 21 is, however, partially aligned with the radiation beam opening 27 in the second stationary plate. This results in some leakage of Q_F of the buffer gas from the space 31 into the second compartment of the apparatus.

At the instant shown in Fig. 5D the opening 24 in the first rotating plate 22 is aligned with the radiation beam opening 28 in the first stationary plate 26 and the 30 opening 23 in the second rotating plate 21 is fully aligned with the radiation beam opening 27 in the second stationary plate. The chopper is therefore open, enabling a pulse of radiation 7 to be radiated from the source LA in the first compartment to the second compartment. Further leakage Q_F of the buffer gas into the second compartment occurs at

-16-

this stage. However, provided that the opening is only open for a short duration, a significant amount of gas from the source chamber 9 will not leak through into the second compartment and the majority of the gas that does leak into the second compartment is merely the buffer gas.

5 At the instant shown in Fig. 5E the opening 24 in the first rotating plate 22 is no longer aligned with the radiation beam opening 28 in the first stationary plate. The opening 23 in the second rotating plate 21 is however partially aligned with the radiation beam opening 27 in the second stationary plate resulting in some further leakage Q_F of the buffer gas into the second compartment.

10 At the instant shown in Fig. 5G the opening 23 in the second rotating plate 21 is aligned with a buffer exhaust opening 33 in the second stationary plate. This is connected to a relatively large volume, maintained at a low pressure, and consequently the remaining buffer gas in space 31 is exhausted in a flow Q_P through the opening.

15 For the chopper shown in Figures 5A to 5G to operate effectively, the characteristic time taken for the buffer gas to flow from the space 31 into the second compartment should be greater than the time for which the space 31 is (partially) open to the second compartment (namely the instants shown in Figures 5C, 5D and 5E). The time for which the space 31 is open to the second compartment can be reduced by moving the arrangement of the openings 32, 27, 28, 33 in the stationary plates 25, 26 (shown in Figure
20 5A) closer together. The characteristic time for the buffer gas to empty from the space 31 may be increased by adding a gas flow restriction that is transparent to the radiation, such as a foil trap, on the side of the chopper to which the buffer gas flows.

25 As shown in Figures 5B to 5G the frusto-conical surface 30 is attached to the rotating plates 21, 22. However, this need not be the case and the surface may be fixed relative to the stationary plates, the opening in the rotating plates aligning with it when they are aligned with the openings in the stationary plates. In such a case the surface may need to be larger. Additionally the surface need not be frusto-conical in shape.

30 Figs. 6A and 6B show, a further variant of a chopper suitable for use in the present invention. A rotating plate 40 is provided adjacent to a stationary plate 42. As the rotating plate 40 rotates, an opening 41 in it is periodically aligned with an opening 43 in the stationary plate, allowing a beam of radiation 7, from the source LA, to be radiated through the barrier. The stationary plate 42 is provided with a surface 44 that defines an interface space 45. The interface space may be provided with a buffer gas to reduce

-17-

leakage of gas from the first compartment through the barrier. The surface 44 has an opening 46, that periodically becomes aligned with a second opening 47 in the rotating plate 40. This may be used to provide fresh buffer gas to the interface space 45. As the rotating plate rotates the opening 47 in the rotating plate 40 aligns with a buffer gas supply opening 48, enabling buffer gas to flow through to the interface space 45.

As shown in Figure 6A the radiation beam opening 41 and the buffer gas opening 47 are arranged on the rotating plate at different distances from its axis of rotation 49. This enables the buffer gas to be provided to the interface space 45 at substantially the same time as the radiation beam is passing through the chopper. Alternatively, as shown in figure 6A, the buffer gas opening 47 may be arranged to supply buffer gas to the interface space 45 slightly before the radiation beam opening 41 on the rotating plate 40 aligns with the opening 43 on the stationary plate.

Whilst specific embodiments of the invention have been described above, it will be appreciated that the invention may be practiced otherwise than as described. The description is not intended to limit the invention.

-18-
CLAIMS:

1. A lithographic projection apparatus comprising:
 - a radiation system for providing a pulsed projection beam of radiation;
 - a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
 - a substrate table for holding a substrate;
 - a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate,characterized in that said apparatus further comprises:
 - a barrier for preventing gas and/or particle flow from a first to a second part of said apparatus, said barrier comprising a controlled aperture;
 - a controller for operating the controlled aperture, for opening and closing the controlled aperture in synchronism with said pulsed beam so as to permit passage of pulses of one of said beams of radiation through the barrier.
2. A lithographic projection apparatus according to claim 1,
wherein:
 - said controlled aperture comprises:
 - a stationary member, integral with or connected to the barrier, provided with an opening aligned with said beam of radiation;
 - a rotating member, at least a part of which is adjacent to said stationary member;
 - wherein said rotating member has one or more openings arranged such that, as said member rotates, an opening in the rotating member is periodically aligned with the openings in the stationary member, providing an opening through the barrier; and, when said openings are not aligned, the rotating member substantially prevents gas flow through the barrier.
3. A lithographic projection apparatus according to claim 2, further comprising a second stationary member, arranged such that at least a part of the rotating member is located between the first and second stationary members; said second stationary member also provided with an opening aligned with said beam of radiation.

-19-

4. A lithographic projection apparatus according to claim 3, further comprising a second rotating member at least a part of which is located between the first and second stationary members;

wherein said second rotating member has one or more openings arranged such that, as said second rotating member rotates, an opening in the second rotating member is periodically aligned with the openings in the stationary members, providing an opening through the barrier if, simultaneously, an opening in the first rotating member is aligned with the openings in the stationary members; and when no opening in the second rotating member is aligned with the openings in the stationary member, the second rotating member substantially prevents gas flow through the barrier.

5. A lithographic projection apparatus according to claim 4, further comprising a space, containing a buffer gas, between said first and second rotating members.

6. A lithographic projection apparatus according to claim 5, further comprising:

a buffer gas inlet for supplying buffer gas to said space between the first and second rotating members when an opening in one of said rotating members is aligned with said inlet; and

a buffer gas exhaust for exhausting the buffer gas from said space when an opening in one of said rotating members is aligned with said exhaust.

7. A lithographic projection apparatus according to claim 5 or 6, further comprising a tube that, at least when the controlled aperture is open, extends from an edge surrounding an opening on said first rotating member to an edge surrounding an opening on said second rotating member; and wherein said tube limits said space.

8. A lithographic projection apparatus according to claim 7, wherein said opening surrounded by said tube on said first rotating member is larger than said opening surrounded by said tube on said second rotating member and said tube is frusto-conical in shape.

-20-

9. A lithographic projection apparatus according to claim 7 or 8, wherein said tube is fixed in a position aligned with the openings on the stationary members.
10. A lithographic projection apparatus according to claim 7 or 8, wherein said first and second rotating members rotate in unison and said tube is attached to said rotating members.
11. A lithographic projection apparatus according to claim 4, further comprising a third stationary plate, at least a part of which is located between the first and second rotating members; said third stationary member also provided with an opening aligned with said beam of radiation.
12. A lithographic projection apparatus according to any one of claims 4 to 9 or 11, wherein said first and second rotating members rotate in opposite directions.
13. A lithographic projection apparatus according to claim 2, wherein said stationary member further comprises:
a tube, extending from an edge surrounding the opening in the stationary member, defining a space that opens into the second part of the apparatus;
a buffer gas inlet for supplying buffer gas to said space when an opening in said rotating element is aligned with said inlet.
14. A lithographic projection apparatus according to any preceding claim, wherein said radiation system comprises a radiation source which is in said first part of the apparatus; and the second part of the apparatus is a substantially evacuated system.
15. A lithographic projection apparatus according to any one of claims 1 to 13, wherein said substrate table is in said first part of the apparatus and said second part of the apparatus is the projection system.
16. A lithographic projection apparatus according to any preceding claim, wherein said controller is suitable for closing the controlled aperture so as to block at least one pulse of said beam of radiation.

17. A lithographic projection apparatus according to any preceding claim, wherein said controlled aperture comprises at least one of a low-emissivity coating on its substrate facing side and an infrared reflective coating on the other side.

18. A device manufacturing method comprising the steps of:

- providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material;
- providing a pulsed projection beam of radiation using a radiation system;
- using patterning means to endow the projection beam with a pattern in its cross-section;
- projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,

characterized by opening and closing, in synchronism with said pulsed beam, a controlled aperture in a barrier for preventing gas flow from a first to a second part of said apparatus;

said controlled aperture providing an opening through the barrier aligned with one of said beams of radiation during pulses of said pulsed beam and substantially preventing gas flow from said first part to said second part of the apparatus between said pulses.

Fig. 1

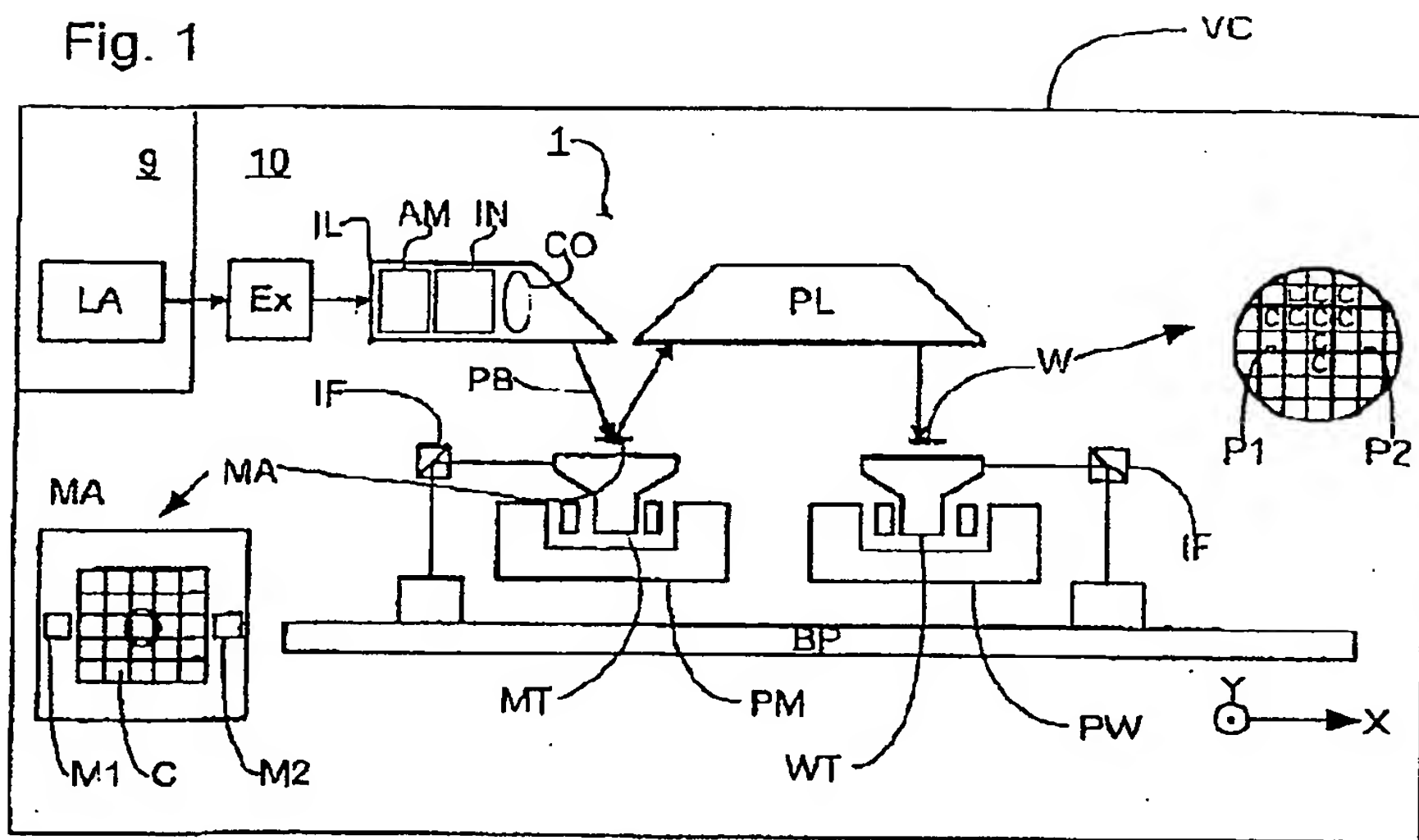


Fig. 2

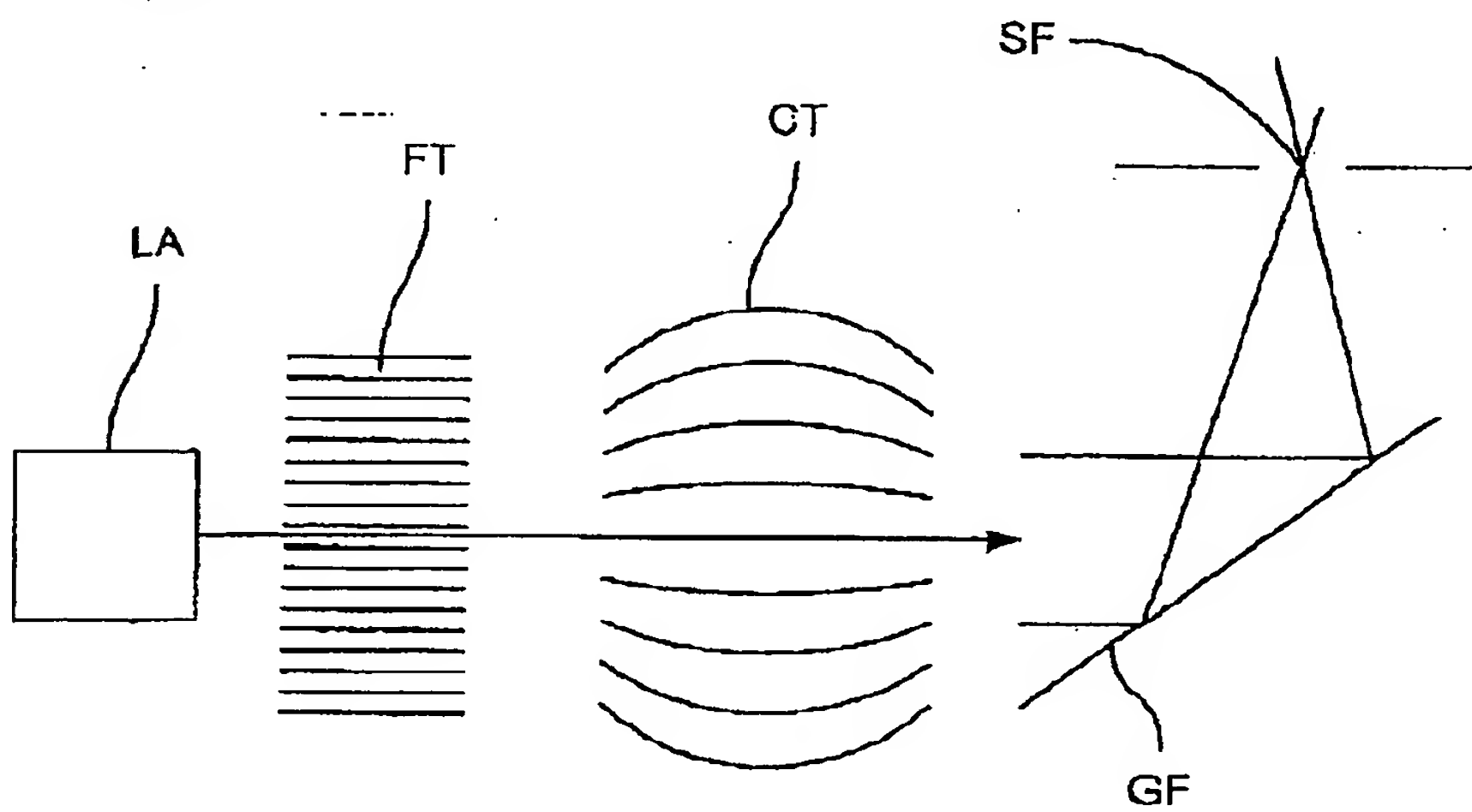


Fig. 3A

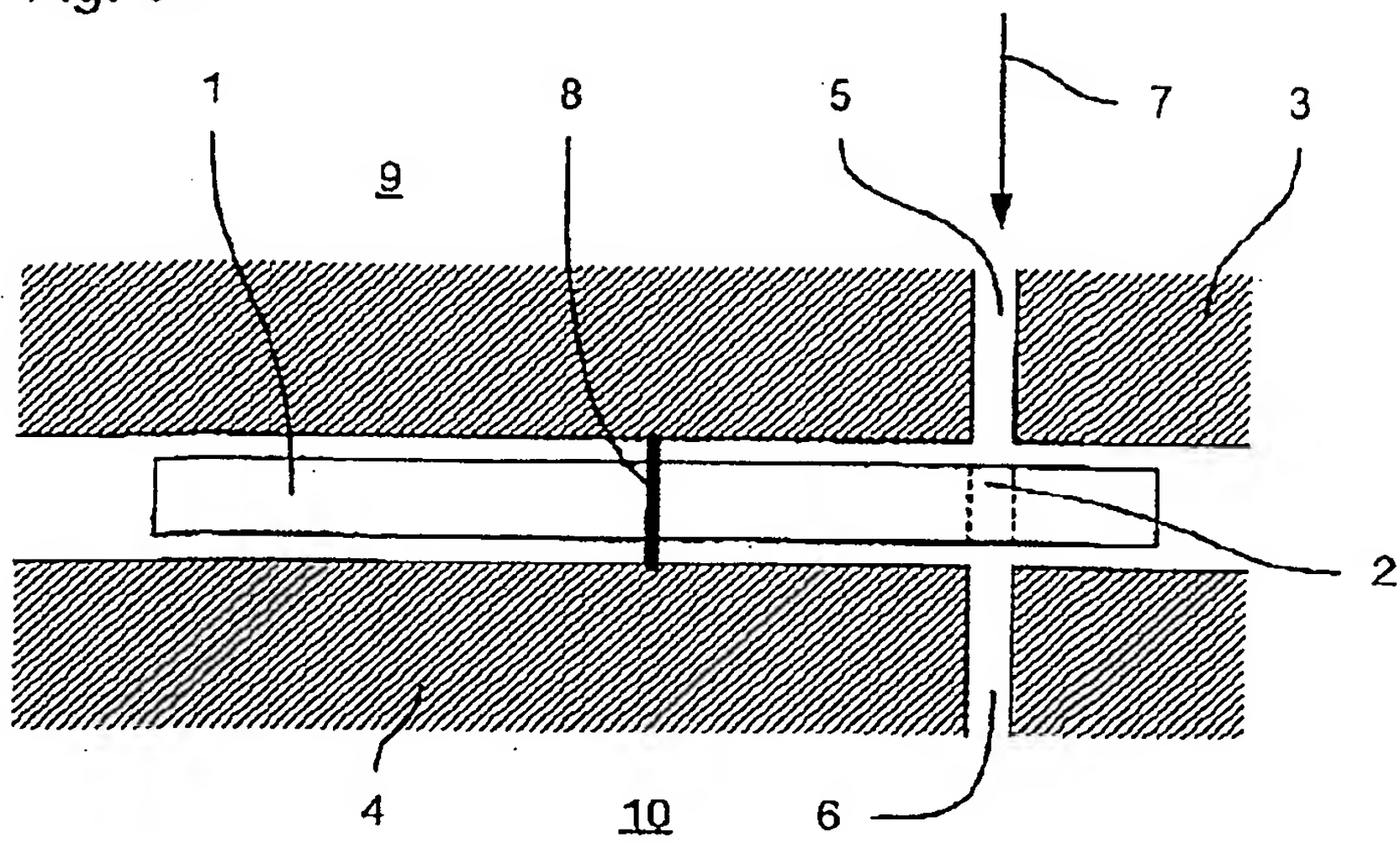


Fig. 3B

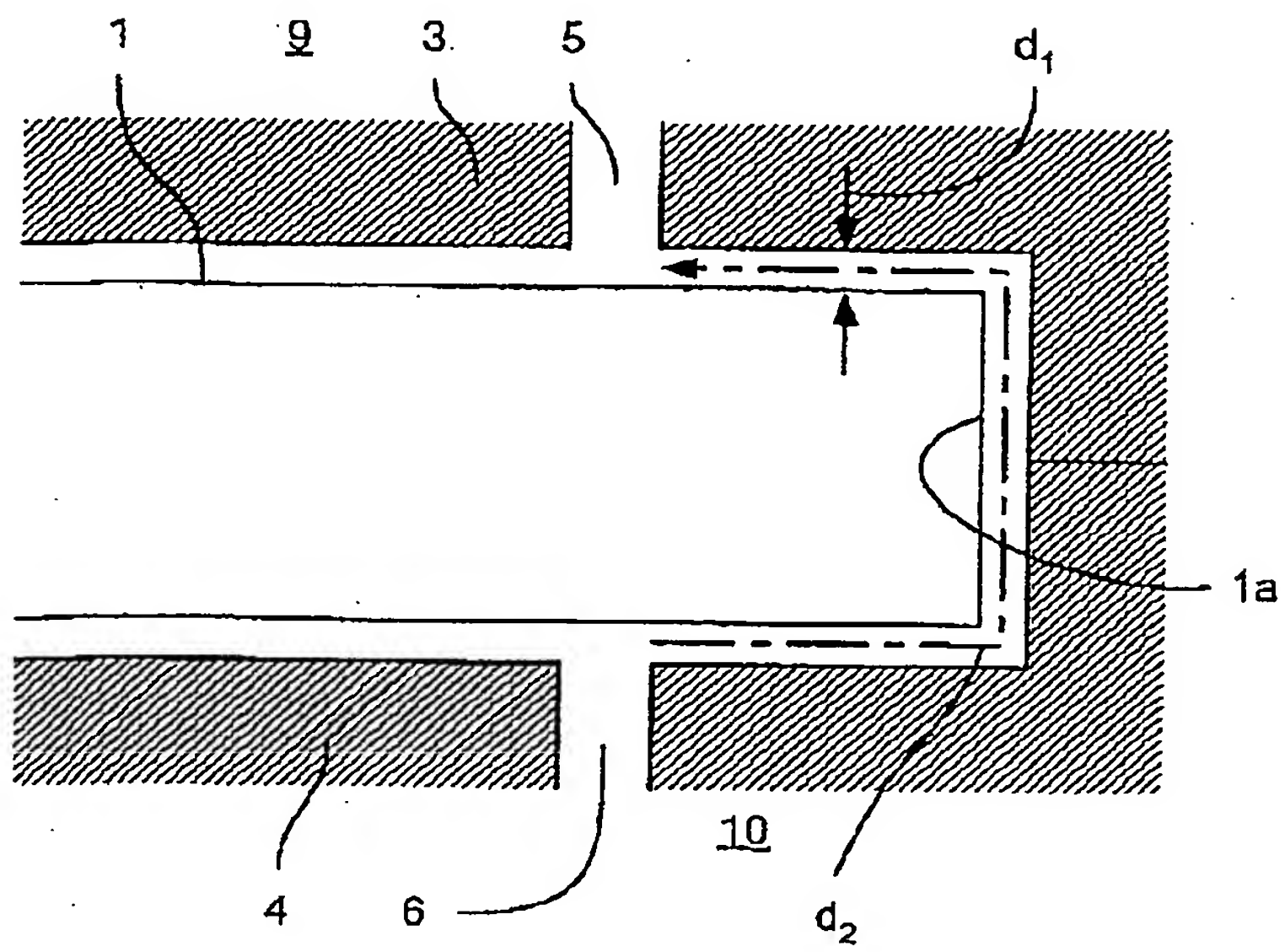


Fig. 4A

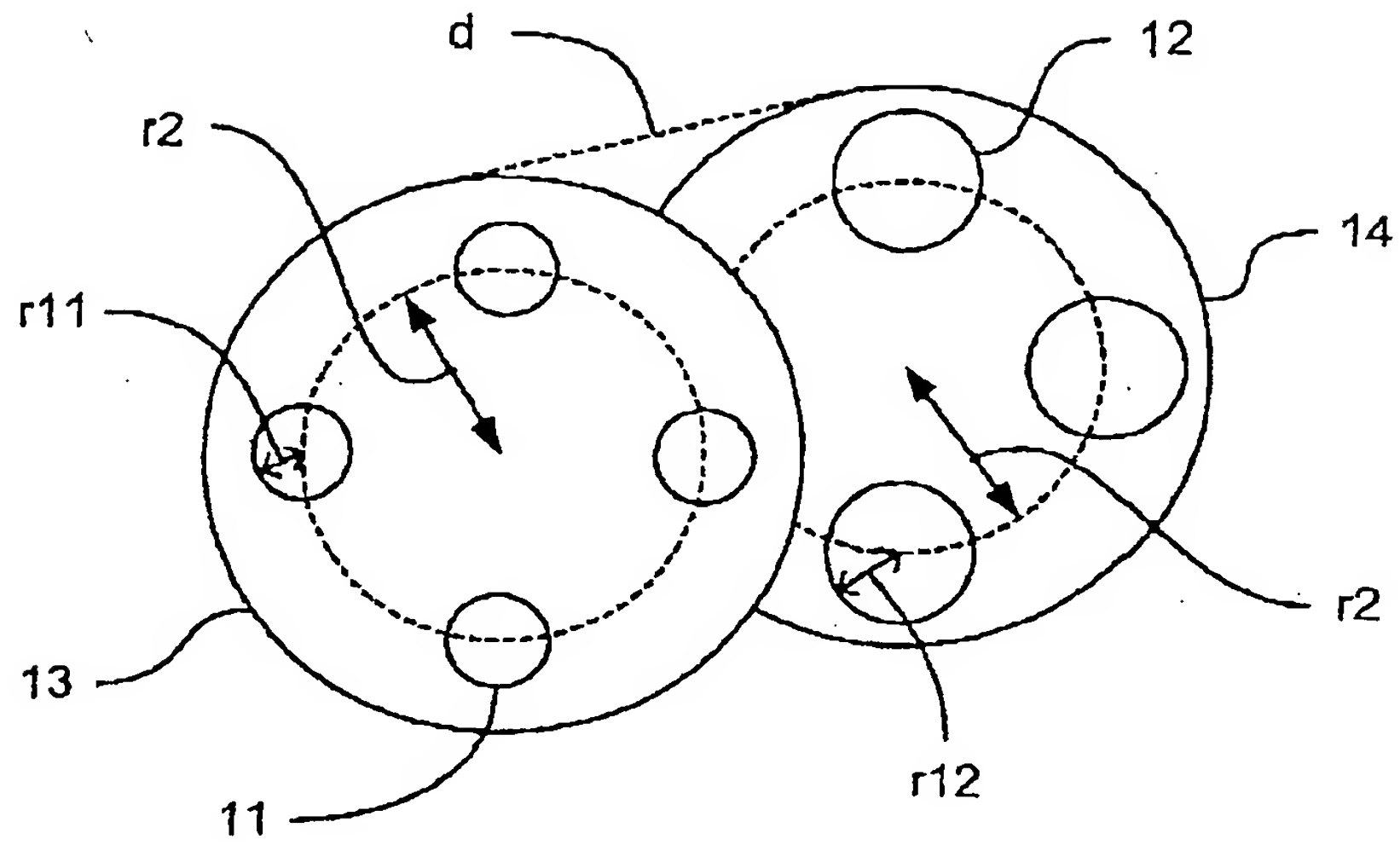


Fig. 4B

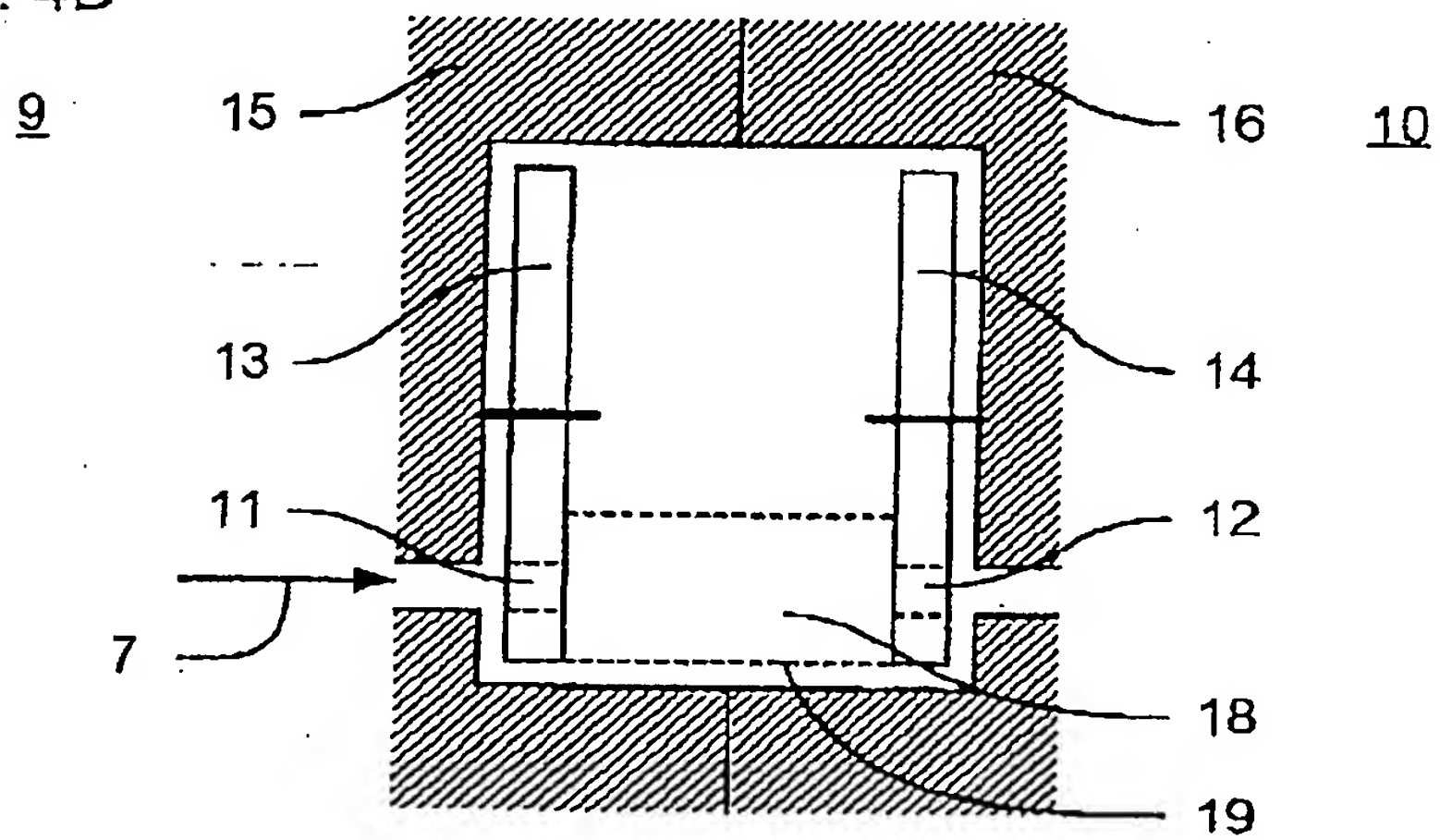


Fig. 5D

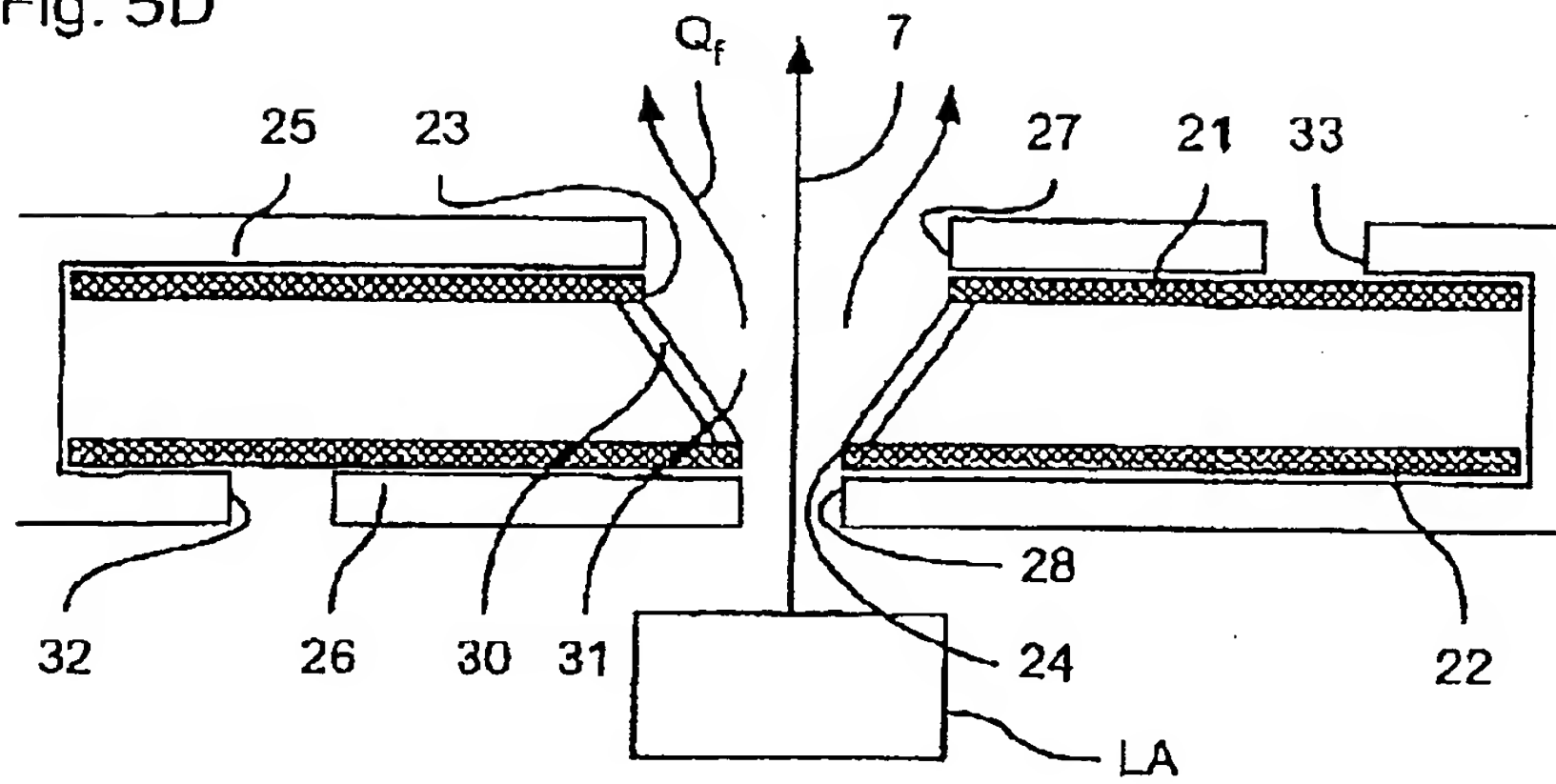


Fig. 5E

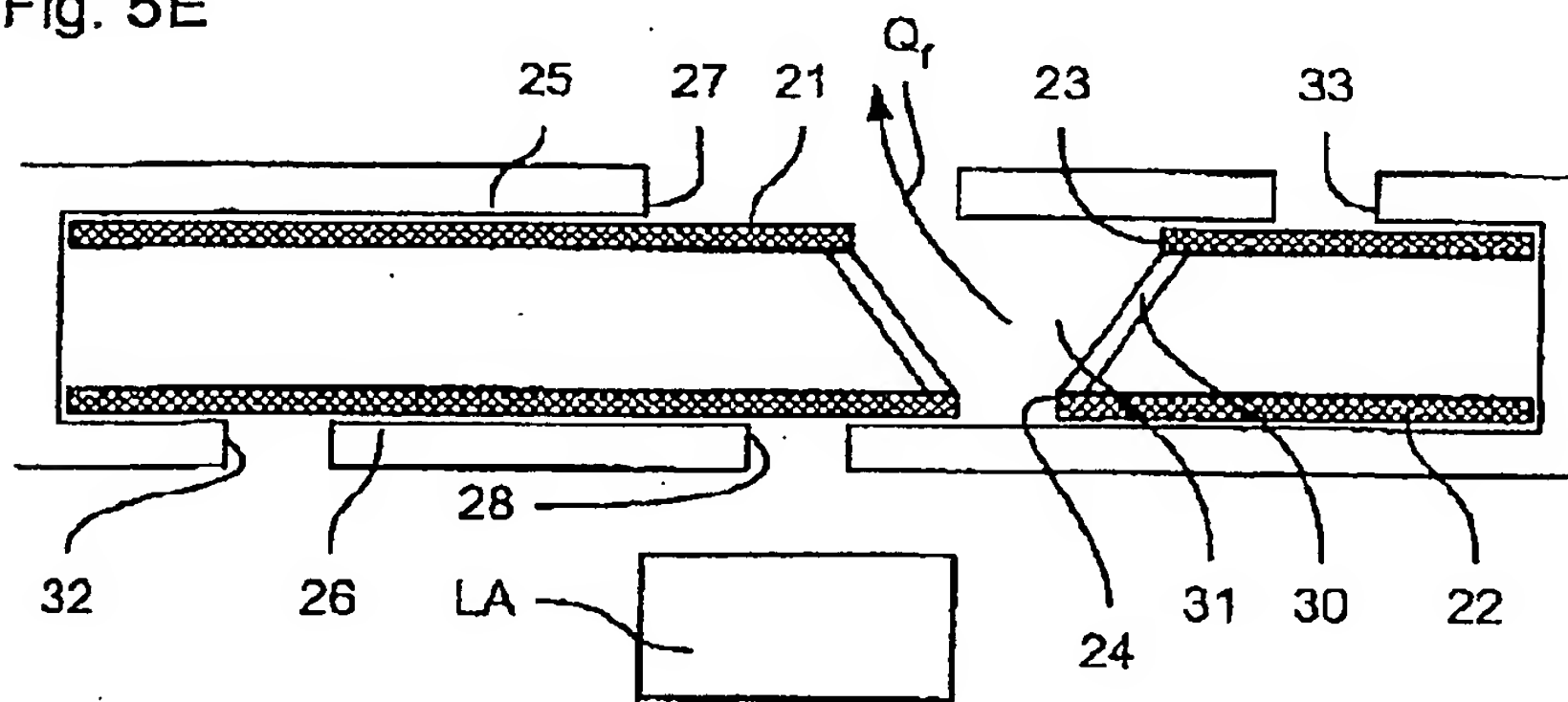


Fig. 5F

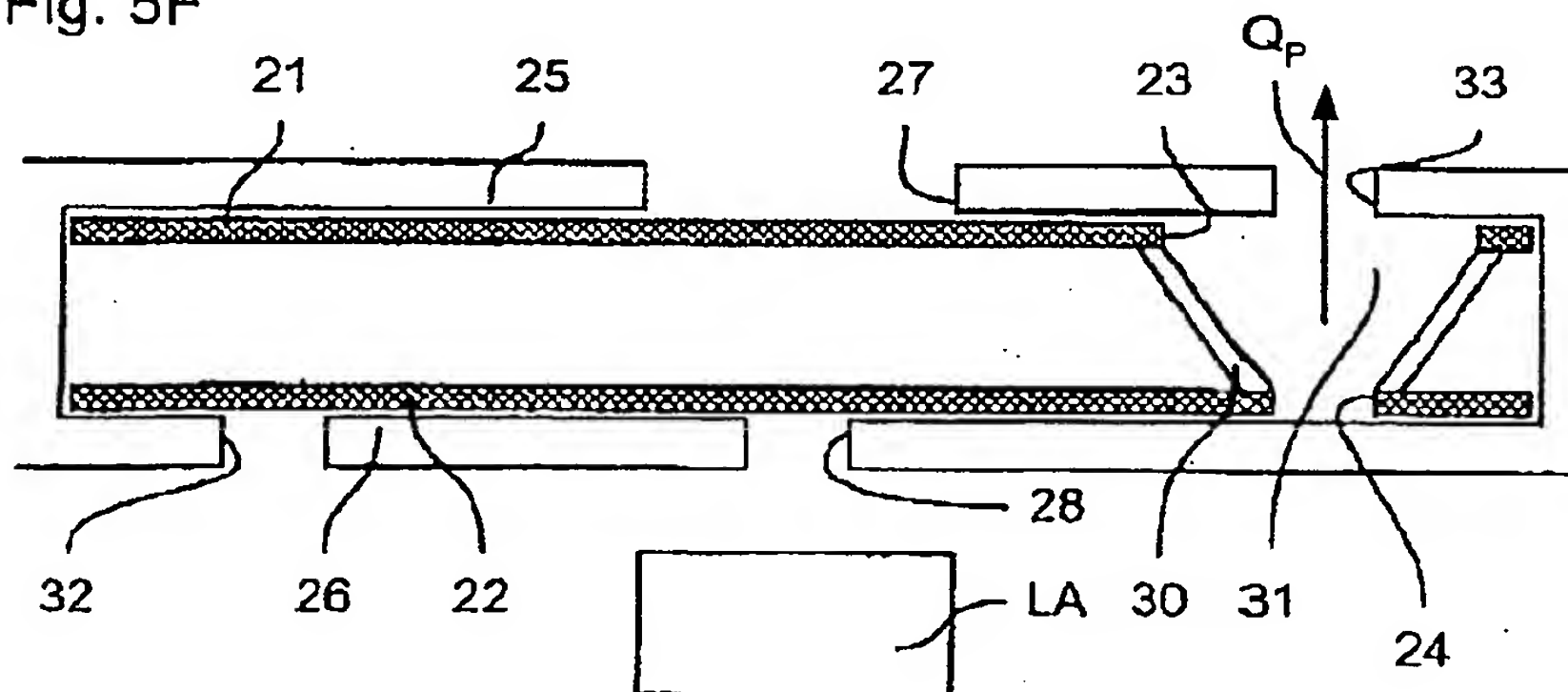


Fig. 6A

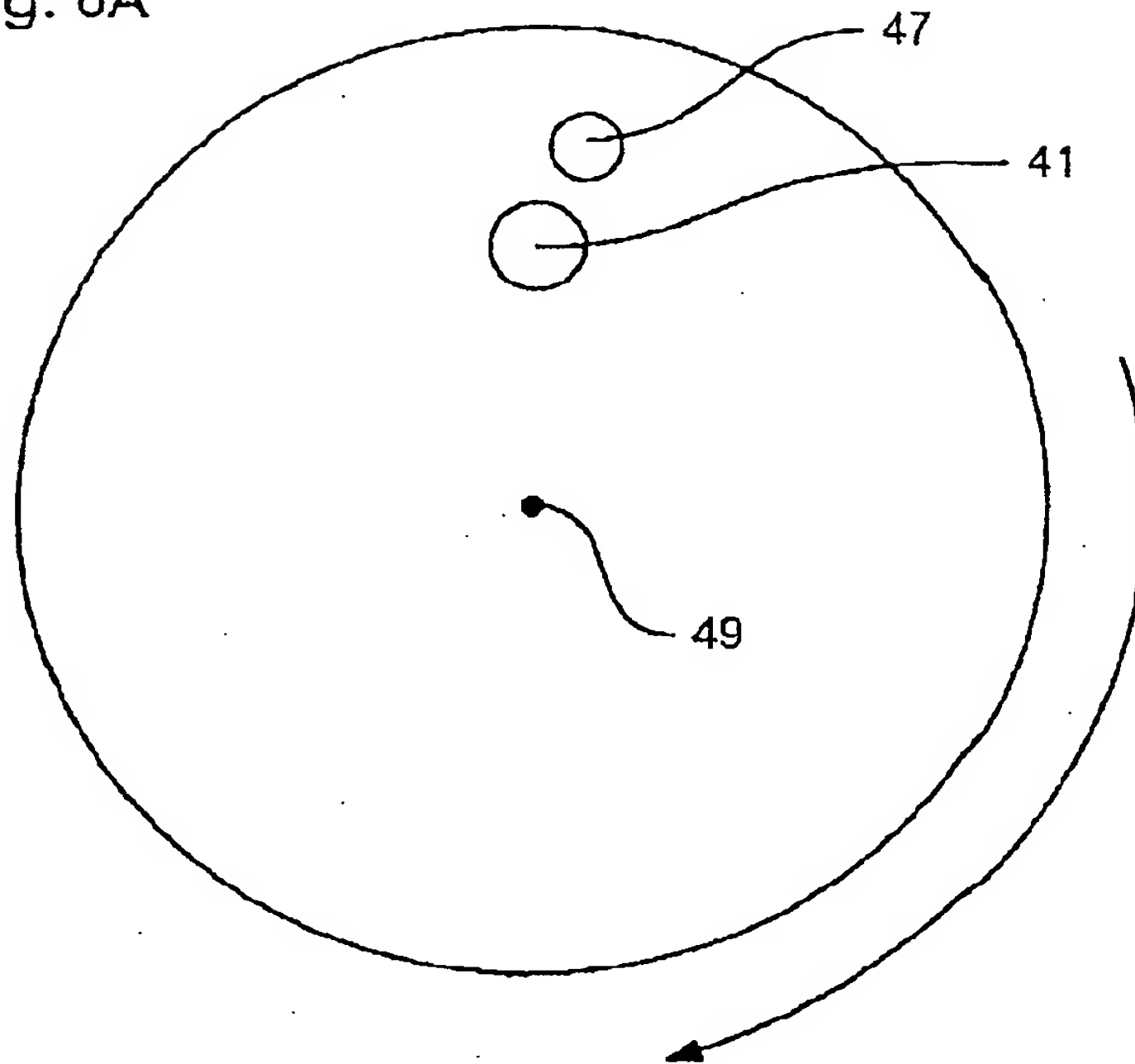
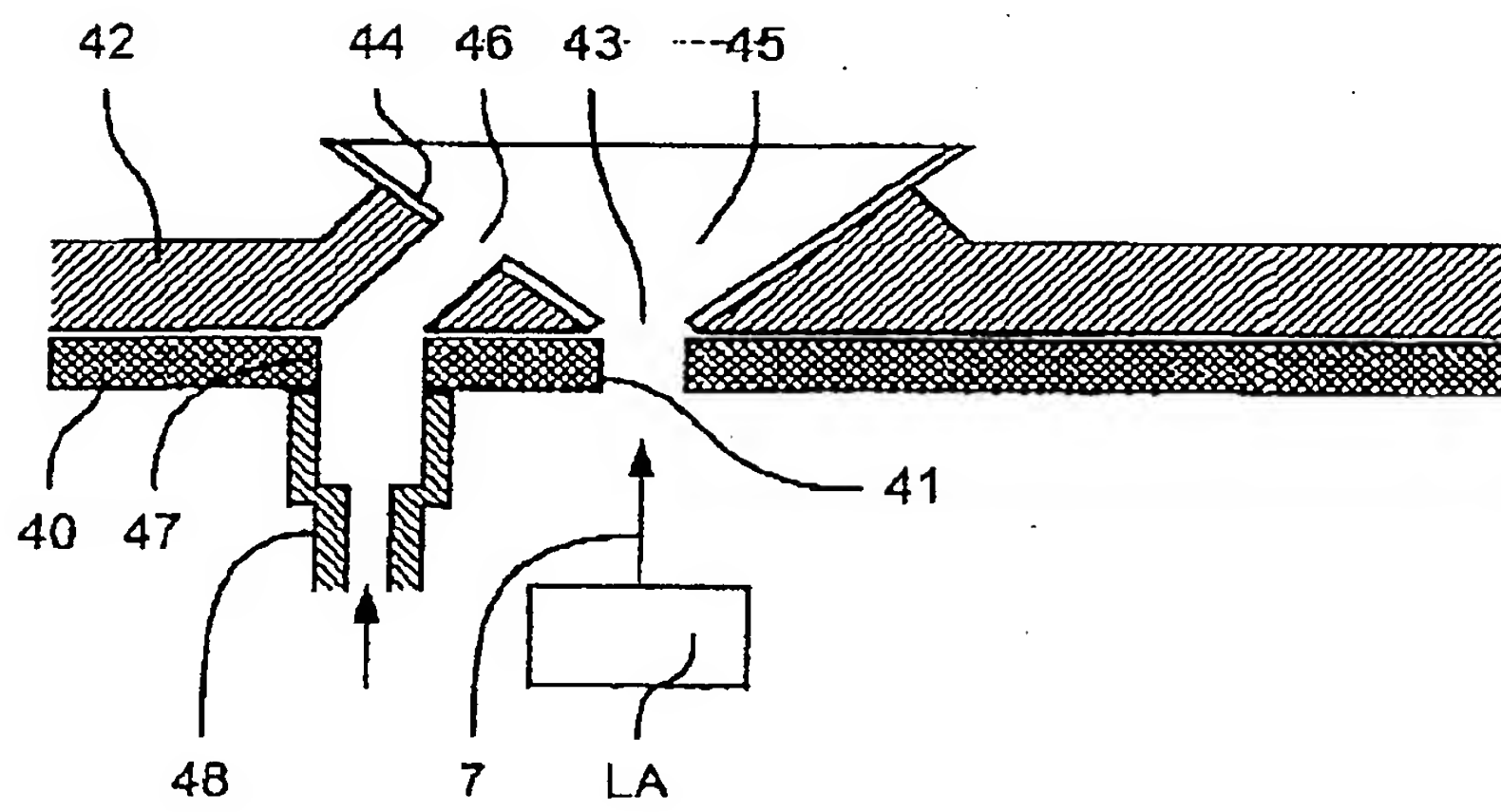


Fig. 6B



1 Abstract

Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method.

Controlled aperture for providing an opening through a barrier separating two parts of the apparatus to enable a pulse of radiation to be radiated from one part of the apparatus to the other. The controlled aperture closes the opening between the pulses of radiation to minimize the gas flow between the first and second parts.

5 2 Representative Drawing

Fig. 3A